Allgemeine Meereskunde ...

Johannes Walther


Ex-libris
Charles Atwood
Kofoid

Allgemeine Meereskunde.



Helgoland.

Allgemeine
Meereskunde.

Von

Johannes Walther.

Mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Karte.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber
1893

Vorwort.

Wenn wir, gelagert am buchtenreichen Ufer des Meeres, hinausblicken auf die sonnenglänzende Fläche, da wünschen wir uns das Auge des Malers und die Worte des Dichters, um all das Schöne voll zu empfinden und klar zu fassen, das unsern Blick mit immer neuem Reize fesselt und unsere Sinne zu träumenden Gedanken anregt.

Wir sehen das rhythmische Wogen des silbernen Wasserspiegels, bewundern das sich immer wandelnde Farbenspiel der plätschernden Welle und freuen uns an der bunten Muschel, die sie spielend uns zu Füssen legt. —

Aber das geheimnisvolle innere Weben des Meeres bleibt uns so wunderbar, die lachende blaue Fläche verbirgt uns so dunkele, unerforschte Tiefen, dass es uns vermessen erscheint, den verhüllenden Schleier zu heben und mit dem prüfenden Auge des Naturforschers ein Gebiet zu studieren, welches die dichtende Phantasie mit den Gebilden ihrer anmutigen Laune freigebig bevölkerte.

Das Fernrohr hat den Himmel entseelt, wird nicht das Tiefseelot und das Schleppnetz das Reich der Okeaniden

vernichten und die harmonische Schönheit des Meeres zerstören?

Auf längeren und kürzeren Seereisen habe ich an mir und an Anderen erfahren, dass eine naturwissenschaftliche Betrachtungsweise das Interesse und die Freude am Meer nur zu erhöhen im stande ist. Eine neue Welt wunderbarer Zusammenhänge eröffnet sich dem Blick, an kleine alltägliche Erscheinungen knüpfen sich reiche Ideenassoziationen und das Einzelne ordnet sich unter grosse Naturgesetze.

Als daher die Verlagshandlung mich aufforderte, für ihre Naturwissenschaftliche Bibliothek eine populäre Ozeanographie zu schreiben, ging ich gern auf diesen Vorschlag ein, mit der Absicht, in diesem Büchlein nicht so sehr das systematische Detail zu beschreiben, als vielmehr Fragen von allgemeinerem Interesse an der Hand leicht zu beobachtender Beispiele zu erläutern.

Vieles Wichtige musste unter diesen Umständen übergangen werden; der Leser, welcher sich für speziellere Aufschlüsse interessiert, wird diese in den am Schlusse angeführten Werken leicht finden.

Möchte meine Meereskunde dem Binnenländer, der am Meere Erholung sucht, oder dem Naturfreunde, der eine Seereise unternimmt, ein freundlicher Begleiter sein; möchte sie alte Freunde des Meeres mit diesem noch vertrauter machen und neue Freunde ihm zuführen.

Jena, im Mai 1892.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

11. Der Salzgehalt.

12. Zirkulation und Strömungen.

13. Die Organismen des Meeres.

14. Die Meerespflanzen.

15. Die Fauna der Flachsee.

16. Die Tiere des Plankton.

17. Die Korallenriffe.

18. Die Bewohner der Tiefsee.

Verzeichnis der Abbildungen.

Die **Meereskarte** wurde mit Zugrundelegung von „Berghaus, Physik. Atlas" vom Verfasser gezeichnet. Der kleine Massstab machte einige Weglassungen nötig, damit die wichtigeren Verhältnisse deutlicher heraustraten.

Allgemeine Meereskunde.

1. Zur Geschichte der Meereskunde.

Von jenen längstvergangenen Zeiten an, wo der erste Küstenbewohner auf seinem roh behauenen Einbaum sich hinauswagte in das Meer, die benachbarte Küste zu besuchen und neue Tauschhandel-Verbindungen anzuknüpfen, bis zu den Entdeckungsfahrten eines Columbus, Vasco de Gama und Cook, war die Geschichte ozeanographischer Entdeckungen im wesentlichen eine Geschichte der Kenntnis von den Meeresküsten.

Die Fläche des Meeres, seine Beziehungen zu den Küstenländern, seine Buchten und Inseln waren das vornehmste Ziel geographischer Forschung und die naturgemässe Voraussetzung jeder anderen Untersuchung. Man bestimmte die Grenzen des Meeres gegen das Land hin und berechnete daraus die Form der Festländer.

Wenn wir heute einen Globus oder eine Weltkarte zur Hand nehmen, um uns einen Überblick zu verschaffen über die allgemeinen Verhältnisse der Erdoberfläche,

so sehen wir dieselbe in zwei Teile zerfallen: den bekannten Teil des Festlandes, und den scheinbar unerforschten Ozean.

Auf den Festländern beobachten wir Gebirge und Thäler, Flüsse und Strassen, politische Grenzen, Wüsten und Wälder mit verschiedenen Zeichen angegeben. Gebirge und Thäler sind Reliefunterschiede, Flüsse und Strassen sind natürlich-künstliche Verkehrswege. Wüsten und Wälder bringen uns tier- und pflanzengeographische Unterschiede vor Augen und die politischen Grenzen fallen meist mit ethnographischen Verbreitungsgebieten zusammen.

Vergleichen wir damit die blaugezeichneten Meeresflächen der meisten Karten, so fällt uns ein grosser Unterschied auf: Wohl sehen wir durch punktierte Linien die Dampferwege bezeichnet, aber wir wissen, dass diese Fahrstrassen keine geographische Realität besitzen; zwar zeigen uns andere Linien, wo die Telegraphenkabel liegen, aber auch diese haben nur eine kultur-, aber nicht naturwissenschaftliche Bedeutung. Vielleicht finden wir durch Pfeile die herrschenden Winde angegeben, oder die Richtung der grossen Meeresströmungen, aber die ersteren gehören der Atmosphäre an und die letzteren sind Erscheinungen an der Oberfläche des Ozeans. Denken wir uns alle diese oberflächlichen Bezeichnungen von einem Globus weg, so erkennen wir, dass das Meer auf den gewöhnlichen Karten eigentlich nur planimetrisch verzeichnet ist, dass die Karten uns nur diesen längst überholten Standpunkt der ozeanographischen Wissenschaft vor Augen führen.

Zwar ist die wissenschaftliche Meereskunde eine gar junge Wissenschaft, und jedes neue Jahr bringt neue un-

geahnte Entdeckungen, aber schon im vorigen Jahrhundert wurden von Seefahrern wichtige Forschungen angestellt.

1772—1775 machte die „Resolution" unter Kapitän J. Cook ihre berühmte Forschungsreise, begleitet von R. Forster als Naturforscher. Die Korallenriffe des Pazifik wurden untersucht und Meerestemperaturen gemessen.

1779 dredgte Otho Müller in Dänemark bis 50 m tief. Ein für die Entwickelung der Ozeanographie bedeutsames Jahr war

1807. Denn in diesem Jahre fuhr als erster Dampfer der „Clermont" auf dem Hudson herab.

1815—1818 befuhr das russische Schiff „Rurik" den Pazifik unter Kapitän Kotzebue. Sein Begleiter war der bekannte Dichter A. v. Chamisso, welcher auf dieser Reise wichtige zoologische Entdeckungen über die Tierwelt des offenen Ozeans machte und den sogenannten Generationswechsel entdeckte.

1826—1829 erforschte das französische Schiff „L'Astrolabe" unter Kapitän d'Urville den Atlantik und Pazifik und bereicherte besonders die Tiergeographie mit neuen Daten.

1831—1836 fuhr das englische Schiff „Beagle" unter Kapitän Fitzroy um die Erde. Als Naturforscher befand sich Ch. Darwin an Bord, der auf dieser Reise seine epochemachenden Arbeiten über Korallenriffe, Strandverschiebungen und vulkanische Inseln machte und den Grund zu seiner Entwickelungslehre legte.

1836 begann Ehrenberg seine Untersuchungen der Meeresabsätze und zeigte, dass der Schlamm flacher und tiefer Meeresbecken oftmals zum grössten Teil aus den Resten mikroskopischer Pflanzen und Tiere besteht.

1838—1842 befuhr eine amerikanische Expedition unter Kapitän Wilkes mit dem Zoologen Dana den Stillen Ozean.

1839—1843 untersuchte Ross mit den Schiffen „Erebus“ und „Terror“ die Südsee. Sein Begleiter war Hooker. Die ersten tieferen Lotungen wurden in 4900 m gemacht, und Tiefentemperaturen gemessen.

1845 stellte E. Forbes im Mittelmeer Untersuchungen über die Tiefseefauna an und kam zu dem Schluss, dass unterhalb einer Tiefe von 550 m kein organisches Leben gedeihen könne.

1848 erschienen die ersten meteorologischen Seekarten und Segelhandbücher des Amerikaners Maury, welcher zeigte, dass die Entwickelung des Seeverkehrs durch wissenschaftliche Untersuchungen des Meeres ungeahnte Förderung erhalte, und welcher dadurch der Begründer der neueren Ozeanographie wurde.

1850 begannen die zoologischen und biologischen Untersuchungen der Norweger unter Sars, der Schweden unter Lovén, welche die Verteilung der Tiefseefauna an den skandinavischen Küsten feststellten und ihre Beziehungen zur Fauna der Eiszeit aufklärten.

1854 entdeckte der Amerikaner Brooke das Tiefseelot mit abfallendem Ballast, und ermöglichte dadurch exakte Tiefseemessungen.

1857—1858 sondierte das englische Schiff „Cyclops“ unter Kapitän Dayman die Tiefe des Atlantik, entdeckte das Telegraphenplateau und stellte die weite Verbreitung des Globigerinenschlickes fest.

1857—1860 reiste das österreichische Schiff „Novara“ um die Erde unter Kapitän v. Wüllerstorf-Urbair und

förderte die Ozeanographie in den verschiedensten Richtungen. v. Hochstetter begleitete die Reise als Naturforscher.

1860 reiste das englische Schiff „Bulldog“ unter M'Clintock mit Wallich und fand noch in 2300 m tierisches Leben.

1865 veröffentlichte Forchhammer seine Untersuchungen über das Meerwasser und zeigte, dass es überall die gleiche relative Zusammensetzung habe.

1868 befuhr das englische Schiff „Lightning“ unter Kapitän May die schottischen Meere und entdeckte die „kalte und warme Ära“ an den Färör. Die begleitenden Zoologen W. Thomson und B. Carpenter erkannten hier, dass nicht die Tiefe, sondern die Temperatur den Charakter und die Verbreitung der marinen Fauna im wesentlichen bestimmt.

1869—1870 wurden diese Forschungen fortgesetzt durch die „Procupine“ unter Kapitän Calvert und begleitet von W. Thomson, B. Carpenter und G. Jeffreys.

1871 befuhr das deutsche Schiff „Pommerania“ unter Kapitän Hoffmann mit Hensen, Möbius, Reincke die Ostsee, um deren Naturgeschichte zu erforschen.

1871—1872 fuhr eine amerikanische Expedition auf dem „Hassler“ um die amerikanischen Küsten, begleitet von L. Agassiz, v. Pourtalès und Steindachner, und förderte die Kenntnis der Tiefseefauna und der Tiefseesedimente.

1872—1876 reiste das englische Schiff „Challenger“ unter Kapitän Nares und mit Buchanan, Moseley, Murray, W. Thomson, v. Willemoes Suhm, um die Erde, mit dem Auftrag, die Tiefsee nach jeder Hinsicht zu untersuchen. Diese Expedition ist die wichtigste,

welche je unternommen wurde und hat die bedeutendsten Resultate erzielt.

1873—1878 untersuchte das amerikanische Schiff „Tuscarora“ unter Kapitän Belknap und Philip den Stillen Ozean behufs einer projektierten Kabellegung, entdeckte die grösste Meerestiefe und untersuchte die Sedimente der Tiefsee.

1874—1876 reiste das deutsche Schiff „Gazelle“ um die Erde unter Kapitän v. Schleinitz, mit Börgen und Studer. Es wurden hierbei Strömungen, Temperaturen, Faunen, Tiefsee-Sedimente und Koralleninseln untersucht.

1875—1880 untersuchte das amerikanische Schiff „Blake“ unter den Kapitänen Sigsbee und Bartlett mit Agassiz das Amerikanische Mittelmeer und das Golfstromgebiet. Faunen und Tiefseesedimente wurden erforscht, das Pourtalèsplateau, die Verbreitung der Glaukonitsande und der Pteropodensedimente erkannt. Auch wurden mit einem von Sigsbee konstruierten Schliessnetz die Tiere der mittleren Wassertiefen gesammelt.

1876—1878 erforschte das norwegische Schiff „Vöringen“ mit H. Mohr das Nordpolarmeer und seine Faunen.

1881 befuhr das italienische Schiff „Washington“ unter Kapitän Magnaghi das Mittelmeer und widerlegte Forbes, indem eine Tiefseefauna entdeckt wurde.

1881—1882 erforschte das französische Schiff „Travailleur“ unter Kapitän Richard das Mittelmeer, begleitet von Milne-Edwards.

1883 setzte der „Talisman“ unter Kapitän Parfait mit Milne-Edwards diese Tiefseeforschungen weiter fort und untersuchte den Atlantik zwischen Azoren und Canaren.

1882—1885 reiste das italienische Schiff „Vettor Pisani“ unter Kapitän Palumbo mit G. Chierchia um die Erde, und förderte die Kenntnis der marinen Fauna durch ausgedehnte Sammlungen. Mit einem neuerfundenen Schliessnetz wurden besonders die schwimmenden niederen Tiere gesammelt.

1887—1890 Forschungen des Fürsten Albert von Monaco auf der „Hirondelle“ im Atlantik.

1890 untersuchte das deutsche Schiff „National“ unter Kapitän Heeckt mit Brandt, Hensen, Krümmel die Fauna und Flora des Plankton im Atlantik und studierte die damit zusammenhängenden ökonomischen Fragen.

Einen wichtigen Anteil an dem Aufschwung der Ozeanographie haben die zoologischen Stationen, welche nach dem Vorbilde der von A. Dohrn in Neapel gegründeten Anstalt an den Küsten von Europa, Amerika, Asien, Australien eingerichtet wurden. Hier werden die Faunen und Floren der Meere genauer untersucht und ihre bionomischen Bedingungen zum Vorwurf physiologischer Studien gemacht.

Von Bedeutung für die ozeanologische Forschung sind endlich diejenigen Arbeiten gewesen, welche auf den Grenzgebieten zwischen Geologie, Geographie und Biologie in den letzten Jahren vorgenommen worden sind. Die Abhandlungen von de Lapparent, Murray, v. Richthofen, Suess, Thoulet u. a. haben in ungeahnter Weise fruchtbringend gewirkt, und je mehr die Geologie eine Geschichte versteinerter Meere wird, desto enger knüpfen sich ihre Beziehungen zu ihrer wichtigsten Hilfswissenschaft, der Ozeanologie.

2. Die Tiefe des Meeres.

Unvollkommene Lotungen, unrichtige Tiefenangaben. Das Handlot. Die Grundprobe. Brooke's Lot. Stahldraht. Akkumulator. W. Thomsons Lotapparat. Siemens' Bathometer. Geringe Neigung des Meeresgrundes. Kontinentalstufe. Festland und Kontinent. Breite der Kontinentalstufe. Grösste Tiefen am Rande der Ozeane. Relief des Atlantik. Pazifik. Indik. Verhältnis der Meerestiefe zum Erdkörper.

Unergründlich nennt der Dichter das Meer, und wenn wir vom felsigen Strande, oder vom Bord des Schiffes hineinblicken in die geheimnisvolle Tiefe, wenn Woge auf Woge mit gewaltigem Tosen aus dem Schosse des Ozeans heraustritt und gurgelnd wieder versinkt, dann kann uns wohl ein Schauer packen und uns den dunkelblauen Abgrund grundlos erscheinen lassen.

Den Seemann interessiert es nur zu wissen, ob er für sein Schiff ausreichend tiefes Fahrwasser findet, und wenn die Tiefe eines Meeresteiles mehr als 200 m beträgt, so ist es ihm gleichgültig, ob in dieser Tiefe der Meeresgrund liegt, oder ob es dann noch weiter in die Tiefe geht. Deshalb sind die meisten der älteren Lotungen nur für den nautischen Verkehr angestellt. Man lotete mit einem beschwerten Tau von beispielsweise 200 m Länge, und gab auf der Karte nicht die Grösse des Abstandes zwischen

Meeresgrund und Oberfläche an, sondern nur die Tiefe, innerhalb welcher man keinen Grund gefunden hatte.

Alle solche Lotungsversuche werden auf den Seekarten mit einem darüberstehenden Strich und Punkt versehen (z. B. $\overline{\dot{2}00}$) und bedeuten, dass man in der angegebenen Tiefe den Grund nicht erreicht habe.

Neben diesen, wissenschaftlich wertlosen Zahlenangaben findet man in der älteren Litteratur Tiefenangaben, welche mit unvollkommenen Apparaten gewonnen und daher unbrauchbar sind. Wenn z. B. Parker an der Küste von Südamerika 15 180 m Tiefe angiebt, so ist es zweifellos, dass sein Tau nicht gerade, sondern unter einem schiefen Winkel den Meeresboden erreichte.

Es ist vielfach die Ansicht verbreitet, dass man mit Hilfe von Taucherglocken oder Taucheranzügen grössere Meerestiefen untersuchen kann. Aber die grösste Tiefe, in welcher Taucher arbeiten können, ist 45 m; hier herrscht schon ein Wasserdruck von 4½ Atmosphären, und macht es unmöglich, länger darin zu verweilen. Daher müssen alle Tiefseeuntersuchungen vom Bord eines Schiffes aus mit sinnreich erdachten Apparaten vorgenommen werden.

Der einfachste Apparat um die Meerestiefe zu messen ist das sogen. Handlot. Eine Hanfschnur ist durch eingeknüpfte Fadenenden in Meter oder in englische Faden eingeteilt (1 m = 0.55 Faden, 1 Faden = 1.82 m). Das untere Ende der Schnur ist durch ein fusslanges Metallstück (Blei oder Eisen) beschwert, welches in seiner Unterseite eine halbkugelige Höhlung besitzt (s. Fig. 1 S. 12). In diese Höhlung streicht man Talg, und wenn das Lot den Meeresboden berührt, was man an dem Erschlaffen

der Schnur bemerken kann, so drückt sich ein wenig Schlamm oder Sand des Meeresgrundes, die sogen. Grundprobe, in den Talg. So kann man leicht mit diesem Handlot die Meerestiefe und die Beschaffenheit des Meeresgrundes untersuchen.

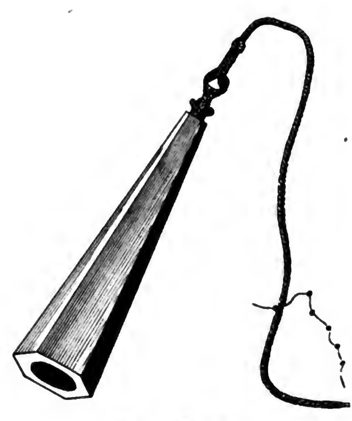


Fig. 1. Handlot.

Bis zum heutigen Tage spielt das Handlot in der Nautik eine grosse Rolle, denn wenn ein Schiff bei Nebelwetter der Küste zu nahe kommt, kann man die Gefahr mit Hilfe des Handlotes meist erkennen. Bei wissenschaftlichen Messungen in grösseren Tiefen aber fühlt man bald die Unbrauchbarkeit des Handlotes. Wenn man die angehängten Gewichte nicht sehr schwer macht, bleibt das Seil nicht gestreckt, und erreicht den Meeresgrund unter einem spitzen Winkel, vermehrt man aber die Gewichte, so wird das Heraufziehen des Lotes eine sehr zeitraubende Arbeit. Auch würde es unmöglich, das Aufstossen eines etwa 8000 m langen Seiles genau festzustellen, denn das Gewicht eines solchen Taues ist so bedeutend, dass dasselbe immer noch weiter abläuft, wenn das untere Ende auch schon am Grunde angekommen war.

Allen diesen Übelständen verschaffte das Lot von Brooke mit einem Male Abhilfe, und das Brooke-Lotungsprinzip ist bis zum heutigen Tage bei allen Tiefseearbeiten mit geringen Veränderungen angewendet worden. Über einen, unten hohlen, Metallstab von 1—2 m Länge sind eine Anzahl kugeliger oder scheibenförmiger Metallstücke aufgereiht, welche in der Mitte durchbohrt sind. Der Metallstab trägt an seinem oberen Ende einen Hebel, an welchem mit Hilfe eines Drahtes die Metallstücke aufgehängt sind. Sobald das Lot den Meeresboden berührt und für einen kurzen Moment das Seil erschlafft, löst sich der Hebel und die Metallgewichte fallen zu Boden. Dadurch wird das Seil momentan entlastet, eine Erschlaffung desselben ist an Bord des Schiffes deutlich zu erkennen, und während die Gewichte am Meeresboden liegen bleiben, wird das nun erleichterte Seil leicht emporgewunden.

Fig. 2 S. 14 zeigt das Tiefseelot, wie es von dem Fürsten Albert von Monaco verbessert worden ist. Links ist die Lotröhre in den Meeresschlamm eingedrungen, das Seil erschlafft und durch Lösung des Hebels werden die umgelegten Gewichte gelockert. Rechts ist ein späterer Moment dargestellt, wie die Gewichte zu Boden sinken und die mit der Grundprobe erfüllte Röhre wieder emporgewunden wird.

Um die bei einem starken Hanfseil sehr störende Reibung im Wasser zu vermindern, wendet man neuerdings statt dessen Stahldraht an. Der Draht läuft über eine Rolle, welche mit einem Zählwerk verbunden ist

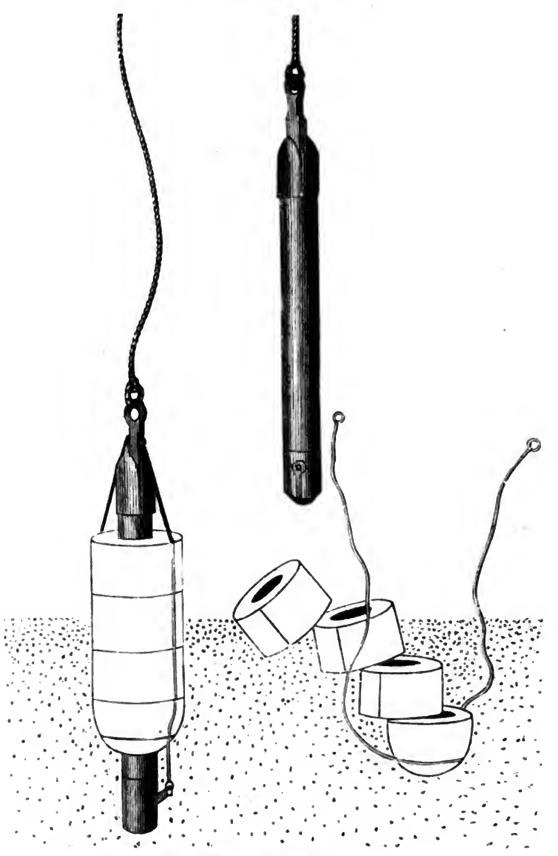


Fig. 2. Tiefseelot.

und drei Zifferblätter zeigen selbstthätig die abgelaufenen Hunderte, Zehner und Einer von Metern oder Faden an.

Wenn die See bewegt ist, dann geschieht es leicht, dass durch das stampfende Schiff beim Loten die Leine oder der Draht zerrissen wird. Um dies zu vermeiden, lässt man die Lotleine über eine Rolle laufen, welche an einem federnden Hängewerk, einem sogen. Akkumulator, befestigt ist.

Alle diese und ähnliche Lotmaschinen kranken jedoch an einem Fehler, der schwer auszuschalten ist. Auf offenem Meer kann man das Schiff nicht verankern, und selbst bei Anwendung jeder Vorsicht wird es allmählich durch Wind oder Wasserströmungen von seinem Platze fortgetrieben. Währenddessen läuft, vielleicht stundenlang, ein Kilometer Tau nach dem andern in die Tiefe hinab, und wenn endlich der Ausschlag erfolgt, wenn der Beobachter sicher konstatiert, wann das Lot den Meeresboden erreichte, — so weiss man doch nie sicher, ob das Seil ganz senkrecht in die Tiefe gelaufen ist, ob es genau den kürzesten Weg zwischen Schiff und Meeresboden zurückgelegt hat. Sind auch bei den neueren Apparaten die Grenzen dieser Abweichung ziemlich geringe, so muss doch zugegeben werden, dass eine solche Lotung nicht absolut zuverlässige Resultate ergiebt.

Man hat sich daher vielfach bemüht, einen Lotapparat zu erfinden, der die absolute Wassertiefe wiedergiebt und nicht die Länge eines hinabgelassenen Seiles.

William Thomson erfand einen nach ihm benannten Lotapparat, der aus einer unten offenen Glasröhre besteht, welche zum Schutz gegen den Wasserdruck in eine Messinghülse eingelassen ist. Das Innere der Glasröhre ist mit einer Schicht chromsauren Silbers belegt, einer roten

Substanz, welche durch Salzwasser hellgelb gefärbt wird. Lässt man diese unten offene, mit Luft erfüllte Röhre in die Tiefe des Meeres, so wird die eingeschlossene Luft durch den zunehmenden Wasserdruck immer mehr komprimiert und dementsprechend dringt immer mehr Salzwasser in die Röhre hinein. Das eindringende Wasser entfärbt das rote chromsaure Silber, und wenn die Röhre wieder heraufgezogen wird, so kann man aus der Länge des gelbgewordenen Belages den Druck des Wassers und somit die Tiefe berechnen, mag die Röhre an einem senkrechten oder an einem schief hängenden Tau hinabgelassen worden sein.

So sinnreich dieses Thomson-Lot ist, so kann man es doch nur in Tiefen bis 300 m benutzen.

Einen „Bathometer" genannten Apparat hat W. Siemens konstruiert, welcher, an Bord eines Schiffes aufgestellt, ablesen lässt, wie hoch die Wassersäule ist, über welcher sich gerade das Schiff befindet. Nach den an Bord des „Faraday" angestellten Versuchen arbeitet das Bathometer in geringen Tiefen sehr exakt, allein technische Schwierigkeiten haben seine Anwendung für grössere Tiefen nicht möglich gemacht, so dass man in der Mehrzahl der Fälle mit der alten Lotleine oder dem Klaviersaitendraht arbeitet.

Nachdem mit solchen vielfach verbesserten Lotapparaten in den letzten Jahrzehnten ein grosser Teil des Weltmeeres untersucht wurde, ist heute unsere Kenntnis von der Bodenbeschaffenheit des Ozeans eine ziemlich sichere und das Relief vieler Meeresgründe ist besser bekannt als das gewisser Teile von Afrika oder Zentralasien.

Im Gegensatz zu der Modellierung des Festlandes, auf welchem tiefe Thäler und steil emporragende Bergabhänge so charakteristisch sind, zeigt der Meeresboden im allgemeinen nur sehr flache Neigungen. Felsengebirge oder Schluchten fehlen dem Meeresgrunde, und die meisten, etwa vorhandenen stärkeren Niveauunterschiede werden durch den alles bedeckenden Meeresschlamm verhüllt und ausgeglichen. Eine Anzahl kleiner Koralleninseln und Vulkankegel erheben sich allerdings mit sehr steilen, stellenweise senkrechten Wänden vom Meeresboden bis zur Oberfläche, allein, wenn wir von diesen absehen, so gehören Steigungen von einem Prozent schon zu den Ausnahmen. Man würde auf dem Meeresgrunde Eisenbahnen nach allen Richtungen von Kontinent zu Kontinent legen können, ohne irgendwo auf Schwierigkeiten zu stossen.

Von allen Resultaten der Tiefseeuntersuchung ist aber keines so merkwürdig und so geeignet uns zum Nachdenken zu veranlassen, wie die sogen. Kontinentalstufe. Wenn man von der westafrikanischen Küste nach dem Atlantischen Ozean hinaus in gleichen Abständen die Tiefe des Meeres untersucht, so beobachtet man anfangs nur eine überaus geringfügige Tiefenzunahme. Auf je 1000 m sinkt der Meeresboden nur um 6 m, sodass die wahre Neigung hier nur 0.6 Prozent beträgt. So kann man weiter loten bis zu einem Küstenabstand von etwa 30 km, wo man eine Tiefe von 180 m erreicht hat.

Von hier ab beobachtet man jedoch eine relativ sehr rasche Tiefenzunahme. Während im Gebiet des Küstensaumes auf 1000 m nur 6 m Tiefenzunahme gefunden wurde, lotet man jetzt auf dieselbe Entfernung 60 m, und so sinkt

der Meeresboden rapid bis zu einer Tiefe von 4000 m. Dann hört die Vertiefung wieder auf, und weit in das Ozeanbecken kann man jetzt hinein loten ohne eine beträchtliche Tiefenzunahme zu erkennen.

Es ist also die Küste von Westafrika umsäumt von einer untermeerischen Terrasse, deren äussere Kante in einer Tiefe von ungefähr 100 engl. Faden liegt, und die man deshalb als „Hundertfadenstufe“ bezeichnet.

Häufig findet man eine Fünfzigfadenstufe; an der Westküste von Irland ist sie zu einer Fünfhundertfadenstufe geworden. Infolgedessen hat man diese Erscheinung mit dem indifferenten Namen „Kontinentalstufe“ bezeichnet. Ihre Breite ist eine überaus wechselnde. An der Westküste von Cornwall ist sie 550 km breit, an der Südküste von Norwegen nur 10 km. An vielen Küstenstrecken hat man sie bisher überhaupt noch nicht nachweisen können.

Über die Ursachen dieser rätselhaften Erscheinung gehen die Meinungen noch aus einander, mag man sie aber erklären, wie man will, zweifellos ist die Kontinentalstufe eine der wichtigsten Relieferscheinungen des Meeresbodens und steht in vielen interessanten Beziehungen zu der Geschichte unseres Planeten und seiner Bewohner.

Wenn man die Modellierung der Erdrinde betrachtet, ohne Rücksicht auf die zufälligen Grenzen der Wasserbedeckung in den Ozeanen, so ergiebt sich das interessante Resultat, dass die Grenzen der Festländer und die Grenzen der Kontinente nicht zusammenfallen, sondern oft ziemlich verschieden von einander sind. Die Kontinente sind massive Sockel der Erdrinde, welche mit steilen Wänden aus dem Meeresgrunde aufsteigen; die

Festländer sind die, zufällig vom Wasser unbedeckten landfesten Teile der Kontinente, das Gebiet der Kontinentalstufe gehört zum Kontinent, ist weiter nichts als der vom Meere überspülte Rand desselben. Ein Festland kann verschwinden, sobald der Meeresspiegel um wenige hundert Meter steigt, aber der Kontinent bleibt erhalten, selbst wenn er vom Meere überflutet wird.

Da nun die Sockel der Kontinente für die Naturgeschichte des Meeres von prinzipieller Bedeutung und viel wichtiger als die Festlandsgrenzen sind, so habe ich auf der beigehefteten Karte das Gebiet der Kontinentalstufe mit zu dem Kontinent gezogen, damit die Karte die Verteilung und das Verhältnis der tiefen Ozeanbecken zu den erhabenen Kontinentalsockeln in objektiver Weise erkennen lässt.

Die Karte zeigt, dass durch die Kontinentalstufe manche Inseln und Festländer mit einander vereinigt werden, die auf den gewöhnlichen Landkarten getrennt erscheinen. Wir sehen, dass Irland, England und Schottland bis zu den Shetlandsinseln zu dem kontinentalen Europa gehört, dass die Nordsee und die Ostsee ganz flache Wasserbecken sind, und dass sogar Novaja-Semlja eng mit dem russischen Festlande verbunden ist. Ceylon schliesst sich an Vorderindien an, und die grossen Sundainseln bis Borneo gehören zum asiatischen Kontinent. Dagegen sehen wir Neuguinea und Tasmanien als Anhänge von Australien. Aus der Tiefe des Pazifik treten einige wasserüberspülte Untiefen heraus, deren wichtigsten von den Samoainseln, dem Paumotuarchipel und den Sandwichsinseln markiert werden.

Formosa gehört zu China, Japan verbindet sich mit Korea und Sachalin mit dem Amurland.

Die wichtigste Stelle ist aber das Behringsmeer, welches so flach ist, dass bei einer Erniedrigung des Wasserspiegels um 50 m eine Landverbindung zwischen der Alten und der Neuen Welt vorhanden ist. Wir werden in einem späteren Abschnitt auf die Bedeutung der „Behringsbrücke" für die Tiergeographie noch aufmerksam zu machen haben.

Betrachten wir jetzt die Tiefen des Weltmeeres, so sehen wir zuerst, dass das Nördliche und Südliche Eismeer geringe Tiefen aufweist, dass sich von hier nach dem Äquator zu grössere Tiefen einstellen. Allein die grössten Tiefen liegen nicht in der Mitte, sondern am Rande der Ozeane. Die grösste Tiefe des Pazifik mit 8513 m liegt nahe dem Nordende von Japan, westlich der kurilischen Inseln. Die grösste Tiefe des Atlantik mit 7086 m liegt nordöstlich von Haiti. Die des Indik mit 5523 m nordwestlich von Australien*).

Im Atlantik sind folgende Bodenerhebungen bemerkenswert: Eine nur 2000 m tiefe Bodenschwelle verbindet Schottland mit Island und Grönland, nördlich derselben ist die Eismeertiefe, südlich der Atlantische Ozean. In seiner nördlichen Hälfte wird dieser von NO nach SW durch einen breiten Rücken, das sogen. Telegraphenplateau, geteilt, welches sich in den Azorenrücken fortsetzt und bis nahe an die südamerikanische Küste von Guiana verfolgt werden kann. Eine ähnliche Bank, der „Süd-

*) Neuerdings hat man im Pazifik 8515 m, im Atlantik 8341 m, im Indik 6205 m, im Arktik 4846 m, im Antarktik 3612 m Tiefe gelotet.

atlantische Rücken“, teilt das Meer zwischen Afrika und Südamerika in zwei parallele Gräben.

Die Tiefen des Pazifik sind weniger genau bekannt. An der Westküste von Amerika sinkt der Meeresboden sehr steil zu 4000 m ab, und von da scheint derselbe über die ganze Fläche des Stillen Ozeans ziemlich gleichmässig tief zu bleiben. SO—NW gerichtete Inselzüge durchkreuzen denselben von Patagonien nach Australien und China, und selbst die Sandwichsinseln liegen auf einem solchen OSO—WNW gerichteten Rücken. Einzelne grössere Tiefen befinden sich dazwischen.

Der Indik wird durch eine Reihe von Untiefen und Inselgruppen, welche von Madagaskar nach Ceylon ziehen, in ein kleineres nordwestliches und ein grösseres südöstliches Becken zerlegt. Zwischen Australien und dem Kapland verflacht er sich, um nach Süden in das 2000 m und weniger tiefe Antarktische Meer überzugehen.

Nach menschlichen Begriffen sind die genannten Meerestiefen so ungeheure, dass es nützlich sein dürfte, zum Schluss dieselben im Verhältnis zum Erdganzen zu betrachten. Das Meer ist ein Teil des Erdkörpers und steht in so vielen Beziehungen zu der festen Erdrinde, dass wir über die Erscheinungen und die Veränderungen des Ozeans uns kein richtiges Bild vorzustellen im stande sind, wenn wir uns nicht vorher die Grössenverhältnisse des Meeres und der Erde recht klar gemacht haben.

Nehmen wir an, unsere Aufgabe wäre es, einen Globus zu modellieren, auf dem Berg und Thal, Wasser und Land in den richtigen Verhältnissen dargestellt werden sollen, und wir wollten jede geographische Meile in der

Grösse eines Millimeters zur Darstellung bringen, so würden wir einen Globus von rund 1720 mm erhalten. Das ist ungefähr die Höhe eines erwachsenen Mannes. Einer der höchsten Berge der Erde, der Gaurisankar, ist 8840 m hoch. Die tiefste Stelle des Meeres wurde bei 8513 m gelotet. Die mittlere Höhe der Kontinente über dem Meere rechnet man zu 700 m und die mittlere Tiefe aller Ozeane zu 3500 m.

Auf einem Globus von Manneshöhe würde demzufolge der höchste Berg der Erde etwas höher als 1 mm sein, die tiefste Stelle des Meeres wäre ebenfalls wenig über 1 mm. Die mittlere Höhe der Festländer betrüge $^1/_{10}$ mm und die durchschnittliche Tiefe des Ozeans $^1/_2$ mm.

In den richtigen Höhen dargestellt ist also das uns Menschen so unermesslich tief erscheinende Meer ein papierdünnes Wasserhäutchen, welches sich um einen manneshohen Globus herumlegt, eine verschwindend zarte Hülle um einen gewaltigen Körper.

Man kann sich dieses Beispiel gar nicht klar genug machen und nicht tief genug einprägen, und bei einer ganzen Reihe künftiger Betrachtungen werden wir auf unseren Globus zurückkommen müssen, um an ihm zu erläutern, mit welchen Verhältnissen wir bei allen geologischen Betrachtungen zu rechnen haben. Denn eine Verminderung des Meeresspiegels um 700 m, welche uns kleinen Menschen gewaltig und kaum glaubhaft erscheint, beträgt auf jenem manneshohen Globus $^1/_{10}$ mm, also einen Betrag, der sich in den angegebenen Dimensionen nicht augenfällig darstellen lassen würde.

---

3. Veränderungen der Meerestiefe.

Abstand des Horizontes auf See. Krümmung der Meeresfläche. Höhenmarke. Normalnull. Pegel. Die Gezeiten. Höhe der Flut. Ursache der Gezeiten. Mondgezeiten. Sonnengezeiten. Hafenzeit in der Nordsee. Oszillationen des Ostseespiegels. Die Strandlinie. Strandverschiebung ist keine Hebung. Serapistempel von Pozzuoli. Positive Strandlinien leicht zu beobachten. Oszillationen. Anziehung der Kontinente. Anziehung des Binneneises. Verschieden dichtes Seewasser. Transgressionen. Diskordante Überlagerung.

Wenn wir vom Bord eines Ozeandampfers hinausblicken auf die Wasserfläche, die uns umgiebt, so sehen wir dieselbe von einem kreisförmigen Horizont abgeschnitten, jenseits dessen die Masten vorbeifahrender Schiffe oder die Spitzen einsamer Leuchttürme hervorragen. Wenn sich unser Auge neun Fuss über dem Meeresspiegel befindet, so ist der Halbmesser des sichtbaren Horizontes die Quadratwurzel aus jener Zahl, also 3 Seemeilen (1 Seemeile = $^1/_2$ km) gross, befindet sich unser Auge 25 Fuss über dem Wasser, so sehen wir 5 Seemeilen oder 10 km weit; dass wir dann aber den 49 Fuss hohen Mast eines vorbeisegelnden Schiffes 24 km weit erblicken können, bedarf keiner besonderen Begründung.

Wir schliessen mit Recht aus dieser wohlbekannten Erscheinung, dass der Wasserspiegel des Meeres gekrümmt

ist. Nach der gewöhnlichen Annahme ist jeder Punkt der gekrümmten Meeresfläche und jeder Punkt der Küste ungefähr gleich weit vom Erdmittelpunkt entfernt, und die Oberfläche des Weltmeeres ist eine etwas abgeplattete regelmässige Kugelfläche. Alle Höhenmessungen fussen auf diesem Satz, jedes Nivellement betrachtet den Stand des Meeresspiegels als eine feststehende Marke.

An Bahnhofstationen sieht man oftmals eine kleine Tafel in die Wand eingelassen, auf welcher die topographische Höhe des Ortes in Metern angegeben ist. Früher las man auf diesen Schildchen z. B. „350 m über dem Ostseespiegel“. Seit einigen Jahren jedoch hat man diese Aufschrift verändert in: „350 m über Normal-Null“. Normalnull ist eine Marke, welche 37 m unter der Berliner Sternwarte liegt, und auf welche neuerdings alle Nivellierungen bezogen werden. Jene Veränderung auf den Höhenmarken der Bahnhöfe bezeichnet eine tiefgreifende Veränderung in der wissenschaftlichen Erkenntnis des Meeresstandes. Seit den Tagen des Archimedes bis auf unsere Zeit galt es als ein allgemein feststehender Satz, dass die Meeresoberfläche übereinstimme mit der Oberfläche einer etwas abgeplatteten Kugel; heute wissen wir aber, dass diese Annahme nicht richtig ist, dass vielmehr der Stand des Meeres durch sehr verschiedenartige Ursachen nicht nur periodisch, sondern auch dauernd deformiert wird, dass im Laufe der geologischen Geschichte die Lage des Meeresstrandes sehr beträchtlichen Verschiebungen unterworfen war.

Früher durfte man aus jeder dauernden Verschiebung des Meeresstrandes auf eine Hebung oder Senkung der

Küste schliessen, jetzt hat man das Fehlerhafte dieses Schlusses eingesehen und demzufolge auch andere Ausdrücke für jene Erscheinung gewählt.

Ehe wir jedoch diese dauernden Veränderungen der Strandlinie besprechen, müssen wir der periodischen kleinen Schwankungen gedenken, die der Meeresspiegel täglich erleidet.

Die Grenze zwischen Meer und Festland, das „Meeresniveau" oder die „Strandlinie", wird gemessen mit Hilfe eines sogen. „Pegels". Der Pegel muss dem Einfluss der Wellenbewegung möglichst entzogen sein. Deshalb besteht er aus einem engen Schacht, der in das Küstengestein eingesenkt ist, und der 5 m unter dem tiefsten Ebbestand mit dem Meere in Verbindung steht. In diesem Schacht misst man direkt, oder mit Hilfe der Elektrizität den jeweiligen Stand des Wassers.

Aber es bedarf meist keines Pegels, um an den Küsten ein seltsames rhythmisches Auf- und Niedersteigen des Meeresspiegels zu beobachten.

Nachdem das Meer eine Stunde lang einen überaus tiefen Stand eingenommen und an der flachen Küste einen breiten Streifen trockengelegt hat, beginnt das Wasser langsam zu steigen. Zwei Stunden lang steigt es sehr allmählich. Dann schwillt das Meer rascher an, um in abermals langsamerem Tempo nach sechs Stunden seinen höchsten Stand zu erreichen. Nur kurze Zeit hält es sich in dieser Höhe, dann beginnt es zu fallen, um nach wiederum sechs Stunden seinen tiefen Anfangsstand wieder einzunehmen. Man nennt den tiefen Wasserstand: Ebbe, den hohen Stand: Flut, und bezeichnet das ganze Phänomen



Fig. 3. Felsenstrand bei Ebbe.

das sich innerhalb 12 Stunden und 25 Minuten wiederholt, mit dem Worte: Gezeiten. Alle 14 Tage ist der Gezeitenunterschied sehr gross, man spricht dann von „Springflut". Die Gezeiten sind für die Schiffahrt von grosser Wichtigkeit; manche Häfen können von grossen Schiffen nur bei Flut erreicht werden, deshalb nennt man die Stunde, in welcher bei Flut der höchste Wasserstand erreicht wird, die „Hafenzeit" eines Ortes.

Abgeschlossene Meeresbecken zeigen geringe Gezeiten. Im Mittelmeer betragen sie 30—50 cm, im Michigansee nur höchstens 7 cm.

Dagegen beobachtet man an der Küste der Bretagne 11 m Fluthöhe und in die Mündungen grosser Flüsse oder schmaler Meeresbuchten dringt bisweilen die Flut zu noch grösserer Höhe hinein. Am Amazonenstrom ist der Einfluss der Gezeiten 800 km weit landeinwärts zu bemerken, in der Elbe dringt die Flut 100 km weit ein und die kommerzielle Bedeutung von Hamburg, Bremen, New York und anderen Hafenstädten ist eine Folge des Eindringens der Flut in den Unterlauf (Fluthafen) grosser Flüsse.

Dasjenige Stück des Flussbettes, welches unter dem Einfluss der Gezeiten steht, nennt man das Ästuarium. Auf der Karte wurde dasselbe an einigen grösseren Flüssen durch Querlinien markiert.

Schon Plinius erkannte, dass die Ursache der Gezeiten in der Anziehung der Gestirne zu suchen sei, dass der Mond und die Sonne die bewegende Kraft für Ebbe und Flut seien.

Denken wir uns die Erde gleichmässig mit Wasser umgeben, so wird die leicht verschiebbare Wasserhülle

durch die Anziehung des Mondes in der Weise deformiert, dass unter dem Zenith des Mondes ein Wasserberg, die Zenithflut, und auf der entgegengesetzten Seite der Erdoberfläche ein etwas kleinerer Wasserberg, die Nadirflut, entsteht. Bei seiner Umdrehung um die Erde ändert der Mond beständig seine Stellung zur Erdoberfläche, infolgedessen muss auch die Lage dieser beiden Wasserberge stete entsprechende Veränderungen erfahren, mit anderen Worten: die Flut wandert, dem Monde folgend, um die Erde herum. Ebenso wie der Mond, wirkt auch die Sonne anziehend auf die irdische Wasserhülle, und erzeugt ebenfalls zwei selbständige, wenn auch kleinere entgegengesetzte Fluten.

Stehen Sonne, Mond und Erde in einer geraden Linie hintereinander, so addiert sich die Mondflut und die Sonnenflut zu der hohen Springflut; stehen aber Sonne, Erde und Mond in einem rechten Winkel, so fallen Sonnenflut und Mondebbe, Mondflut und Sonnenebbe zusammen, und heben ihre Wirkung gegenseitig so auf, dass die resultierende Flut sehr niedrig ist; das nennt man die „taube Flut“.

Die Springgezeiten sind am stärksten, wenn zur Zeit der Nachtgleichen eine Mond- oder Sonnenfinsternis stattfindet, während sich der Mond gleichzeitig in der Erdnähe befindet.

Aber die Erde ist nicht gleichmässig von Wasser umgeben; Festländer schieben sich trennend zwischen die einzelnen Meeresteile hinein. Infolgedessen wird das schematische Bild der beiden Gezeiten sehr wesentlich

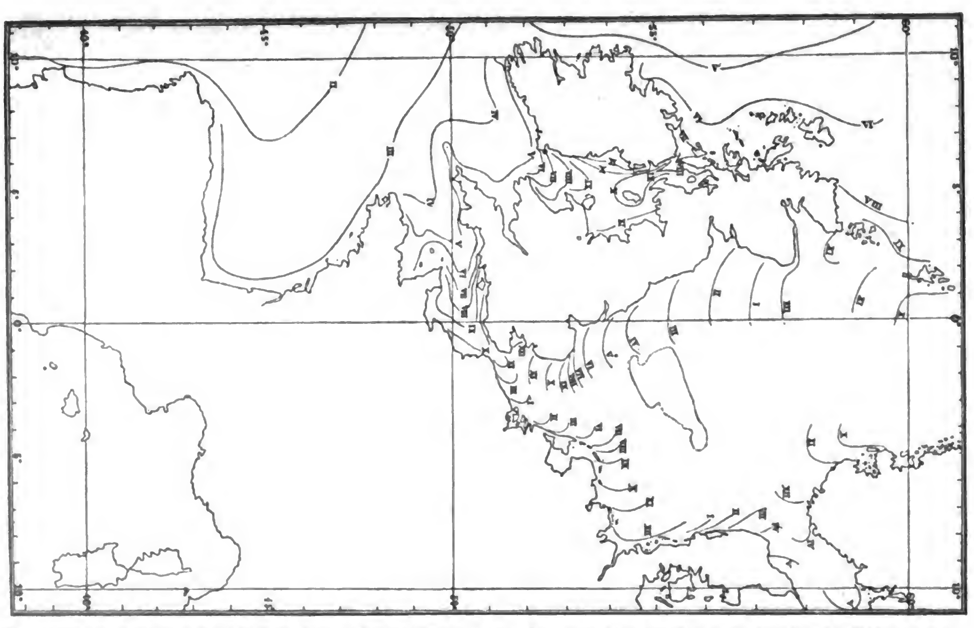


Fig. 4. Das Vorschreiten der Flutwelle an den Nordseeküsten. (Die römischen Zahlen bedeuten die Stunden der Hafenzeiten.)

abgeändert und es ergiebt sich eine grosse Mannigfaltigkeit der Gezeiten an verschiedenen Küsten.

Auf vorstehendem Kärtchen Fig. 4 ist der Verlauf der Hafenzeiten an den Nordseeküsten dargestellt nach Greenwicher Zeit. Man sieht, wie um 4 Uhr die Flut nach der Westküste von Irland gelangt. Dieselbe teilt sich jetzt und dringt unten in den Ärmelkanal, oben durch die Kanäle der Schottischen Inseln nach der Nordsee herein. An der Themsemündung treffen sich beide Fluten mit einem Zeitintervall von 12 Stunden, während die Kanalflut nach Osten vordringend endlich die Küste von Jütland erreicht.

Ausser den Gezeiten beobachtet man jedoch noch andere periodische Änderungen des Pegelstandes, besonders an der Ostseeküste und an den Küsten ähnlicher halb abgeschlossener Nebenmeere, welche zumteil alle Jahre, zumteil in dreissigjährigen Perioden wiederkehren. Im Sommer steht der Ostseespiegel hoch, dann sinkt er, um im Frühjahr seinen tiefsten Stand einzunehmen; eine Erscheinung, welche in ursächlichem Zusammenhange steht mit dem Anschwellen der Flüsse während des Frühlings infolge der Schneeschmelze.

In den regenreichen Perioden um 1820, 1850 und 1880 stand der Ostseespiegel 10—25 mm über Mittelwasser, dagegen sank er in den trockenen Perioden um 1835 und 1865 über 10 mm unter dasselbe — ein Beweis, wie der Wasserstand eines solchen Nebenmeeres von den Niederschlagsmengen der umgebenden Festländer abhängt.

Das Meerwasser hat die Fähigkeit, sich im Niveau seines mittleren Wasserstandes eine Rinne in die Felsen

der Küste einzugraben; verschiedene Arten von Muscheln bohren sich in demselben Niveau Löcher in die Felsen, und nach dem Tode des Tieres bleiben die Schalen in der selbstgegrabenen Höhle stecken. Solche sogenannte Strandlinien und die Löcher von strandbewohnenden Bohrmuscheln findet man nun nicht selten hoch über dem jetzigen Meeresstrand, und weit von der Küste, im Lande drin, und mit Recht schliesst man daraus, dass das Meer in vergangenen Zeiten einen anderen, höheren Stand eingenommen habe. Abgestorbene Austernbänke, oder tote Korallenriffe (s. Fig. 5), hoch über dem gegenwärtigen

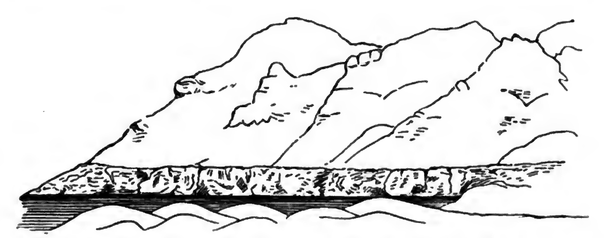


Fig. 5. Terrasse eines versteinerten Korallenriffes an der Sinaiküste bei Tor.

Strand, hat man an vielen Küsten beobachtet, und von Tromsö bis nach Ceylon kann man die Spuren solcher Strandverschiebungen beobachten.

Fussend auf der Annahme, dass der Meeresspiegel auf der ganzen Erde denselben gleichbleibenden Stand einnehme, schloss man früher aus solchen Strandlinien und Bohrmuschellöchern unbedenklich auf eine „Hebung der Küste". In der letzten Zeit ist man vorsichtiger geworden, denn man hat eingesehen, dass eine hohe alte Strandlinie durch sehr verschiedenartige Ursachen entstehen kann.

Nehmen wir an, dass wir an der Küste der Sinaihalbinsel 10 m über dem Strande ein versteinertes Korallenriff finden, welches als wohlausgeprägte Terrasse viele Stunden lang die Küstengebirge umsäumt, s. F. 5, so kann

1. das Festland um 10 m gehoben worden sein,
2. kann sich das Meer um 10 m zurückgezogen haben,
3. kann das Festland um 20 m gehoben und zu gleicher Zeit das Meer um 10 m gestiegen sein,
4. kann sich das Festland um 10 m gesenkt und das Meer gleichzeitig um 20 m zurückgezogen haben.

In allen diesen Fällen wird man eine 10 m hohe Strandlinie beobachten. Es ist also eine unbewiesene Hypothese, wenn man diese 10 m hohe Strandlinie als Beweis für eine Hebung des Festlandes betrachtet und als solche bezeichnet.

Infolgedessen hat man das indifferente Wort „Strandverschiebung" eingeführt. Man bezeichnet eine 10 m hohe Strandlinie als „negative Strandverschiebung" = — 10 m und eine 10 m unter Wasser befindliche alte Strandmarke benennt man als „positive Strandverschiebung" = + 10 m. Die Anwendung dieses Ausdruckes giebt nur die Thatsache objektiv wieder, ohne eine hypothetische Erklärung daran zu knüpfen.

Ein klassisches Beispiel für eine Strandverschiebung aus historischer Zeit ist die Ruine des sogen. Serapistempels in Pozzuoli bei Neapel.

NNW vor der Stadt Pozzuoli erstreckt sich eine schmale Ebene, darauf stehen als die letzten Überreste eines vielleicht vor dem Jahr 105 v. Chr. gebauten, dem Serapis geweihten Tempels drei hohe Säulenschäfte (Fig. 6).

Die Sockel derselben stehen etwas unter Wasser. Bis zu einer Höhe von 243 cm über dem Pflaster sind die Säulen glatt, dann folgt eine rauhe breite Zone, welche ganz durchlöchert erscheint von den runden Löchern von Lithodomus, und bis zu 6 m Höhe reicht. Noch findet man die Muschelschalen, in den Bohrlöchern steckend, und es kann gar kein Zweifel darüber herrschen, dass das Meer einstmals längere Zeit hindurch 6 m höher als jetzt gestanden hat. Da man aber nicht annehmen kann, dass der Tempel in eine 6 m tiefe Meeresbucht hineingebaut worden sei, so darf man mit aller Sicherheit schliessen, dass hier innerhalb 1900 Jahren eine positive Strandverschiebung von mindestens + 6 m, darauf eine negative Strandverschiebung von — 6 m erfolgte.

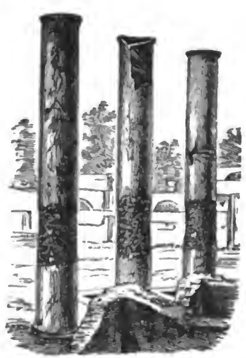


Fig. 6. Die Säulen des Serapistempels bei Pozzuoli.

Wenn diese 6 m hohe Strandlinie nicht an einem Tempel, sondern an einem natürlichen Felsen, z. B. an der Küste von Capri, zu sehen wäre, so würde Niemand auf die Vermutung kommen, dass eine positive Strandverschiebung der negativen Phase vorausgegangen sei. Man erkennt aus diesem Beispiel, dass es viel leichter ist, die Spuren einer negativen, als die Merkmale einer positiven Strandverschiebung zu beobachten, und wenn wir an allen Küsten der Erde die Spuren negativer Strandverschiebungen finden, so darf man daraus nicht etwa

schliessen, dass der Meeresspiegel sich überall zurückzieht, oder dass sich das Land überall hebt, sondern es ist das eine einfache und natürliche Folge des Umstandes, dass alte Strandlinien über Wasser leichter zu konstatieren sind, als unter dem Wasserspiegel.

Immer mehr häufen sich die Anzeichen dafür, dass der Meeresspiegel an den Küsten nicht nur tägliche (Gezeiten), jährliche (Schneeschmelze im Frühjahr), 30jährliche (Regenperioden) Schwankungen erleidet, sondern dass auch innerhalb längerer Perioden noch bedeutendere Oszillationen des Strandes stattfinden, dass das Meer bald 50 m über, bald 100 m unter seinen mittleren Wasserstand steigt oder sinkt, dass man aber aus dem Vorkommen von alten Strandlinien über dem Strand, absolut keinen Schluss ziehen darf auf die Richtung der augenblicklichen Oszillation des Meeresspiegels. Und wenn man erwägt, dass die so lange und so sorgfältig untersuchten Bohrlöcher an den Säulen des Serapistempels, trotz einer Reihe von historischen Nachrichten, bis zum heutigen Tage noch nicht aufgeklärt sind; dass noch nicht entschieden ist, ob hier eine Senkung und Hebung des Landes, oder ein Ansteigen und Sinken des Meeresspiegels, oder beides zusammen stattgefunden habe, so wird man ermessen, wie schwierig es ist, an einer unbewohnten Küste die Ursachen einer beobachteten Strandverschiebung zu erkennen.

Wir haben gesehen, dass auf einem manneshohen Globus das Meer ein 1/2 mm dünnes Häutchen darstellen würde. Bedenken wir nun, um wieviel die Erdmasse grösser ist, als die Menge des Meerwassers, so wird es uns leicht einzusehen, dass die Lage und Dicke dieses dünnen

Wasserhäutchens in hohem Masse beeinflusst wird durch die Verteilung der anziehenden Kräfte in der Erdmasse. An den Rändern der Kontinente muss das Meer höher stehen, als an einer kleinen Insel mitten im Ozean; denn die Masse des Kontinentes wirkt anziehend auf das Meerwasser. Befindet sich ein hohes Gebirge nahe der Küste, so muss dort der Meeresspiegel höher stehen, als wenn ein weites Tiefland den Ozean begrenzt. Pendelbeobachtungen an verschiedenen Küsten haben diese Annahme vollauf bestätigt.

Bei St. Helena steht der Meeresspiegel 847 m tiefer als an der afrikanischen Küste, an den Bonininseln im Pazifik 2000 m tiefer als an der südamerikanischen Küste. Die Differenzen erscheinen ungeheuer gross; wenn wir uns aber des manneshohen Globus erinnern, so würde die letztgenannte Differenz nur $^1/_4$ mm betragen, d. h. die Krümmung des Pazifischen Ozeans nach Osten würde auf einem 1720 mm hohen Globus um $^1/_4$ mm flacher sein, die Konvexität der Krümmung ist unmerklich vermindert.

Das jedem Amerikafahrer wohlbekannte Scherzwort, dass man zuerst „*up hill*“ bis zur Mitte des Atlantik dampfe und dann „*down hill*“ nach Amerika hinunterfahre, behält seine alte Wahrheit, nur ist der „*hill*“ ein klein wenig niedriger als die Krümmung einer idealen, vollkommen runden Erdkugel.

Jede Veränderung in der Verteilung der anziehenden Kräfte auf der Erde hat eine Veränderung des Meeresstandes zur Folge, und wenn im Laufe der Zeiten die Gebirgsmasse der Anden durch die Atmosphärilien abgetragen und in das Meer hineintransportiert wird, so

muss der Meeresspiegel in demselben Maasse sinken, als die anziehende Masse von dem Festland nach dem Meeresgrund verlegt wird.

Jede Veränderung in dem Relief der Erdoberfläche, die Faltung eines Hochgebirges und die Abtragung eines Berglandes, die Entstehung eines Vulkanes und die Bildung einer Erdbebenspalte, verändert also stets den Stand des Meeresspiegels und verursacht Oszillationen des Strandes.

Aus der grossen Zahl von geologischen Veränderungen, welche eine Oszillation des Strandes verursachen, wollen wir nur noch einige herausgreifen. Bekanntlich ging der gegenwärtigen Erdperiode eine Epoche voraus, in welcher die Gletscher des Nordpolargebietes sehr weit nach Süden vorrückten. Die amerikanischen Gletscher reichten bis über Chicago, die skandinavischen Eisströme lassen sich bis nach Berlin und nach Dresden verfolgen. Die Dicke der damaligen Eisbedeckung schätzt man auf über 1000 m. Man hat berechnet, dass die 1000 m dicke Eiskappe anziehend auf das Meer wirken musste, und dass damals an den nordischen Küsten der Stand des Meeresspiegels 90 m höher gewesen sei, als er gegenwärtig ist.

Überaus rätselhaft sind die Strandlinien, welche man auf der Reise nach dem Nordkap an den Felswänden norwegischer Fjorde bemerkt. Wie Fig. 8 erkennen lässt, ziehen sich zwei parallele Linien scharf eingeschnitten um die Gehänge des Vargsundes; der berühmte Torghat (Fig. 7) ist weiter nichts, als eine Insel, welche, durch zwei Strandlinien angeschnitten, die Form eines spitzen Hutes erhalten hat. Von Mandal bis zum Eismeer kehren

solche, durch Strandlinien erzeugte Terrassen an allen norwegischen Küsten wieder.

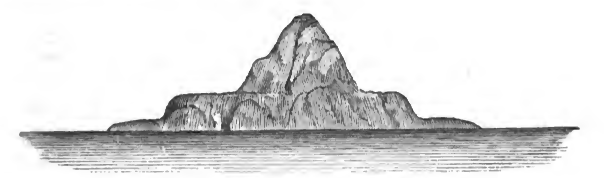


Fig. 7. Der Torghat mit zwei Strandlinien.

Aber auch im Meere selbst walten Kräfte, welche eine Veränderung der Strandlinie veranlassen können. Bekanntlich werden verschiedene Teile der Erdoberfläche sehr

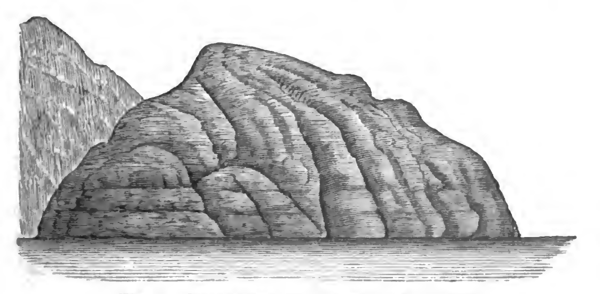


Fig. 8. Strandlinien am Vargsund bei Tromsö.

verschieden stark von der Sonne bestrahlt, und wie wir noch zu schildern haben, ist infolgedessen der Salzgehalt verschiedener Meere sehr wechselnd. In den Tropen verdunstet jährlich eine Wasserschicht von 2—3 m, im Roten Meer sogar von 7 m Dicke. Der verschiedene Salzgehalt bedingt eine verschiedene Schwere des Wassers. Nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren muss

infolgedessen das Meer da höher stehen, wo es salzärmer, und dort niedrig, wo es schwer mit Salz gesättigt ist. Man hat berechnet, dass das Mittelmeer, dessen Salzgehalt zwischen Afrika und Kreta am stärksten ist, hier etwa 3 m tiefer steht als an den Stellen, wo ein geringerer Salzgehalt das Wasser leichter macht.

Wenn man nun bedenkt, dass auch der Salzgehalt der einzelnen Meeresteile zu verschiedenen Zeiten ein verschiedener ist, so sieht man auch hier wieder, dass Oszillationen des Meeresspiegels durch sehr verschiedene Ursachen bedingt sein können, und dass man kein Recht hat aus der Existenz einer negativen Strandverschiebung sofort auf eine „Hebung“ des Festlandes zu schliessen.

Während die eben betrachteten Oszillationen der Strandlinie in meteorologischen oder geologischen Veränderungen ihre Ursache finden, und meist dadurch ausgezeichnet sind, dass sie im Laufe von Jahrhunderten bald negative, bald positive Schwankungen ausführen, so kennt man doch ausserdem in der Erdgeschichte gewisse Entwicklungsphasen, welche durch Meeresbewegungen im grossen Stil charakterisiert erscheinen. Zu gewissen Zeiten hat das Meer seine Grenzen verlassen, verheerend wie eine Sintflut die Festländer überspült und eine gründliche Umgestaltung in der Verteilung von Land und Meer auf der Erdoberfläche hervorgerufen. Man nennt solche Veränderungen: Transgressionen. Sie unterscheiden sich von den vorher besprochenen Oszillationen oder Schwankungen der Strandlinie dadurch, dass sie in ihrer Richtung viel andauernder und grossartiger sind, und dass man sie vorläufig

nicht auf die tellurischen und geologischen Veränderungen zurückführen kann, welche wir vorher geschildert haben.

Geologisch erkennt man solche Transgressionen daran, dass die neugebildeten Meeresabsätze ungleichmässig übergreifen über die Ablagerungen der vorhergehenden Epoche. In Figur 9 S. 40 ist eine der schönsten transgredierenden Überlagerungen, welche man in Deutschland beobachten kann, dargestellt. Bei Obernitz in der Nähe von Saalfeld führt die Eisenbahn Berlin-München am Fuss einer Felswand entlang, die aus gefalteten Devon- und Kulmschiefern besteht, über welche eine Reihe Kalkbänke des Zechsteins hinübergreifen.

Betrachten wir die oberen Zechsteinkalke, so sehen wir, dass dieselben horizontal wie die Quaderreihen einer Mauer, eine Bank parallel über der anderen, liegen. Auch die unteren Schiefer liegen, wenn wir von ihrer (nachträglichen) Faltung und Biegung absehen, wie die Blätter eines Buches übereinander. Man nennt solche parallele Überlagerung „konkordant". Fassen wir nun aber die Lagebeziehung der Zechsteinbänke zu den Schiefern näher ins Auge, so sehen wir, dass die Schichten beider Gesteine ungleichmässig übereinander liegen, dass dieselben „diskordant" aneinanderstossen.

Suchen wir die Entstehungsgeschichte dieses Durchschnittes (Profil) zu analysieren, so erkennen wir, dass die konkordant übereinandergelagerten Schieferbänke bis zum Ende der Steinkohlenzeit horizontal wie die Blätter eines Buches übereinander lagen. Dann wurden sie zu hohen Falten aufgeschoben. Zwar blieb die konkordante Überlagerung einer Schieferplatte auf der anderen unverändert, aber die

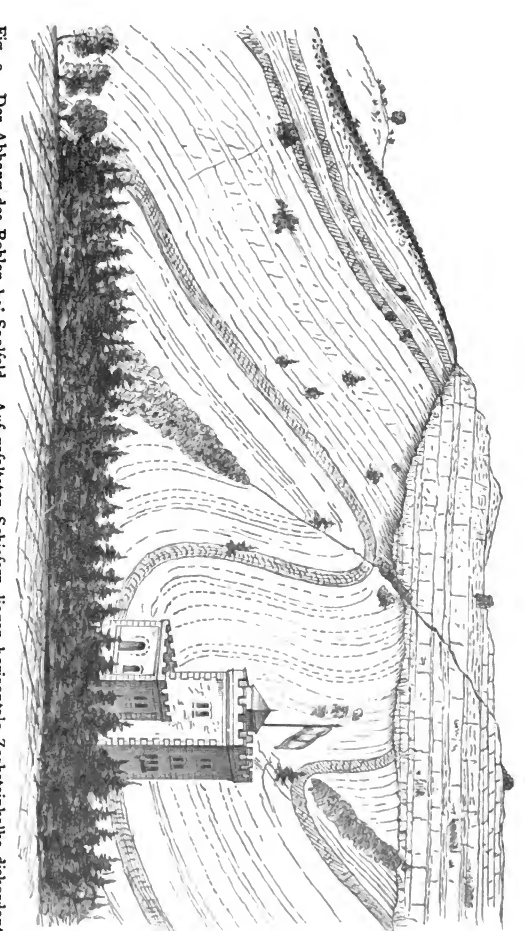


Fig. 9. Der Abhang des Bohlen bei Saalfeld. Auf gefalteten Schiefern liegen horizontale Zechsteinkalke diskordant.

Lage des ganzen Plattenstosses wurde aus der ruhigen horizontalen Lage aufgerichtet. Damals entstand also ein Faltengebirge, welches aus parallelen Bergketten, wie etwa der Schweizer Jura von Basel nach Solothurn, bestand.

Das Meer drang herein und begann durch seine zerstörende Brandung diese Bergketten anzugraben. Eine Kette nach der anderen wurde von der Brandung durchgesägt — deshalb sind die oberen Bogen (Sättel) der Falten bei Obernitz nicht mehr vorhanden. Auf diesem eingeebneten Faltengebirge schlug das Zechsteinmeer in horizontalen Schichten seine Kalkabsätze nieder; eine Bank von Kalksand nach der anderen wurde konkordant abgesetzt, aber die ganze Reihe der Zechsteinkalke finden wir jetzt diskordant, transgredierend über den gefalteten und teilweise abgetragenen Schiefern.

So zeigt uns die diskordante Überlagerung an, dass zwischen der Bildung des Kulmschiefers und der daraufIfolgenden Bildung des Zechsteins ein langer Zeitraum verstrichen sein muss, dass damals ein Gebirge entstand und bald darauf wieder abgetragen wurde, dass Festland und Meer einander ablösten. Und wenn wir diese diskordante Überlagerung des Zechsteins auf dem Kulmschiefer durch ganz Mitteldeutschland verfolgen, so reiht sich eine Diskordanz an die andere an zu einer fortlaufenden „Transgression des Meeres“ und die Beobachtungen eines geologischen Profils werden zum Ausdruck eines urgeschichtlichen Vorgangs, der vor vielen Jahrmillionen die Grenzen von Meer und Festland veränderte.

4. Die Fläche des Meeres.

Das Weltmeer. Der Atlantik. Der Pazifik. Der Indik. Das Nördliche Eismeer. Das Südliche Eismeer. Grösse der Wasserfläche.

Das Weltmeer ist eine grosse zusammenhängende Wasserfläche, während die Festländer inselgleich darin verstreut sind. Wir können nicht trockenen Fusses von einem Kontinent zum andern wandern, wohl aber können wir zu Schiff alle Ozeane befahren, ohne auch nur einmal unumgängliche Landstrecken zu finden. Wir sehen den grossen Kontinent Eurasia, der sich nur künstlich in Europa und Asien teilen lässt, von Australien und Amerika durch breite Wasserstrassen abgetrennt, und seitdem der Sueskanal den schmalen niedrigen Isthmus durchschneidet, ist auch die lockere Verbindung zwischen Eurasien und Afrika endgültig gelöst.

Isoliert, wie die grossen kontinentalen Festländer, sind auch die Inseln, welche bald vereinzelt, bald zu Archipelen angeordnet über das Weltmeer verstreut erscheinen. Manche derselben liegen der Küste der Kontinente so nahe, und werden durch so seichte Meeresstrassen von ihnen getrennt, dass wir gutes Recht haben, sie als Teile des benachbarten Festlandes zu betrachten, andere stehen mitten in

den brandenden Wogen des Ozeans und sind ebenso isoliert und selbständig wie die vier grossen Festländer der Erde.

Vergleichen wir diese zerstückelten und gegen einander abgetrennten Ländermassen mit dem Wassermantel, welcher die Erde umspannt, so fällt uns die kontinuierliche Fläche des letzteren zuerst in die Augen. Und während es leicht fällt, Australien, Amerika, Afrika und Eurasien gegen einander abzugrenzen und ihre Umrisse zu beschreiben, fliessen die sogen. Weltmeere so ununterbrochen in einander, dass nur willkürliche Grenzen zwischen ihnen gezogen werden können.

Bis zum Jahre 1845 wurden die Meeresräume von den verschiedenen Kartographen in so verschiedener Weise eingeteilt und benannt, dass die Verständigung oft erschwert wurde. Deshalb berief die Geographische Gesellschaft zu London eine Kommission, deren Aufgabe es war, diesen Misständen Abhilfe zu schaffen; und ihre Beschlüsse sind seitdem allgemein anerkannt worden. Darnach teilt man das Weltmeer folgendermassen (vergl. hierzu die angeheftete Seekarte) ein:

1. Der Atlantik. Im Norden und Süden begrenzt durch die beiden Polarkreise, im Westen durch die Küste von Amerika und einen von Kap Horn nach Süden gezogenen Meridian, im Osten durch die Küsten von Europa und Afrika und den Meridian des Kap Agulhas an der Südspitze von Afrika. Seine Fläche beträgt mit Einschluss des amerikanischen und des europäisch-afrikanischen Mittelmeeres 88 Millionen □km oder 1 610 000 □Meilen.

Im allgemeinen erscheint der Atlantik als eine Sförmig gewundene Meeresstrasse, von welcher grosse Buchten und Mittelmeere in die Küstenländer hineindringen. Dadurch erhält die Küstenlinie einen sehr komplizierten Verlauf und die Küstenländer eine für ihre Geschichte sehr bedeutsame Gliederung. Wenn wir absehen von den zum Kontinent gehörigen und innerhalb der Kontinentalstufe gelegenen grossen Inseln von Grossbritannien, an der Labradorküste von Grönland und den Grossen Antillen, so sind fast alle Inseln des Atlantik vulkanischen Ursprungs. Island, die Azoren, die Kanaren, die Kapverden, Fernando Po, Ascension, St. Helena, Tristan-da-Cunha und ein Teil der Antillen sind teils noch thätige, teils erloschene Vulkane. Gross ist die Zahl der mächtigen Ströme, welche in das Becken und die Mittelmeere des Atlantik einmünden. Weichsel, Oder, Elbe, Rhein, Donau, Dniepr, Don, Nil, Po, Rhone, Senegal, Niger, Congo, Oranje, La Plata, Amazonas, Orinoko, Rio Grande, Mississippi und St. Lorenzstrom sind mit ihrem ganzen Flussgebiet dem Atlantik tributär. Er unterscheidet sich hierin sehr wesentlich von dem Pazifik, bei dessen Beschreibung wir auf diese Gegensätze noch aufmerksam machen werden. Betrachten wir die vertikale Gliederung der Kontinente, welche das Becken des Atlantik umrahmen, so ist eine Thatsache von grosser Wichtigkeit und steht im engsten Zusammenhang mit der soeben besprochenen Erscheinung von der grossen Küstengliederung und dem Flussreichtum: Alle Küsten des Atlantik werden nämlich entweder von Tiefländern begrenzt, oder, wenn Gebirge an sie herantreten, so laufen diese nicht parallel zur Küstenlinie, sondern ihre Ketten treten unter

sehr verschiedenen Winkeln an die Küste. Es macht den Eindruck, als ob das Meer überall siegreich in das Land hineingedrungen sei und die Küsten durch die Angriffe des Meeres zerfressen worden wären. Nicht die Leitlinien festländischer Grenzgebirge, sondern der Strand eines buchtenreichen Meeres bestimmt die Umrahmung des Atlantik. Man nennt diese Form der Küstengliederung den „Atlantischen Typus".

2. Der Pazifik oder Stille Ozean, wird im Osten begrenzt durch die Amerikanische Küste, im Westen durch Asien und Australien, nach Süden durch den Polarkreis. Er bedeckt eine Fläche von 175 Millionen □km oder 3 190 000 □Meilen. Seine Ostküste ist ohne Buchten oder Mittelmeere, nur der Meerbusen von Kalifornien macht eine bescheidene Ausnahme. Seine Nord- und Westküste wird durch sechs grosse Randmeere gegliedert, welche von dem offenen Ozean durch Inselreihen abgetrennt werden. Nach Norden das Behringsmeer mit den Aleuten, dann das Ochotskische Meer mit Kamtschatka und den Kurilen, das Japanische Meer mit Sachalin und den Japanischen Inseln, das Gelbe Meer mit den Liukiu-Inseln, das Chinesische Südmeer mit den Philippinen, und die Bandasee abgegrenzt durch Neuguinea.

Eine ungeheure Zahl kleiner Inselarchipele sind über das ganze Gebiet des Pazifik ausgestreut. Hierin liegt schon ein prinzipieller Unterschied gegen den Atlantik. Nur ein kleiner Teil dieser Inseln ist vulkanischen Ursprungs, z. B. Sandwichs-I., Fidji-I., Galapagos, — die Mehrzahl derselben bestehen aus Korallenkalk und sind von lebenden Korallenriffen gesäumt. (Im Atlantik finden wir dagegen

eine einzige kleine Gruppe ozeanischer Koralleninseln, die Bermudas.) Im langen Verlauf der Amerikanischen Küste münden nur zwei namhafte Flüsse: der Columbia und der Colorado in den Pazifik und nur in die Randmeere seiner Westküste strömen Amur, Hoangho, Yangtsekiang und Mekhong hinein. Im ursächlichen Zusammenhang damit steht es, dass die Ränder der pazifischen Kontinentalgrenzen durch Kettengebirge gebildet werden, deren Verlauf eine auffallende Parallelität zu dem Verlauf der Pazifischen Küste erkennen lässt. Die Kordilleren in Südamerika, Sierra Madre in Mittelamerika, Sierra Nevada und Aljaskagebirge in Nordamerika bilden die direkte Begrenzung des Ozeans, und treten so geschlossen und so ununterbrochen an die Küste heran, dass kein namhaftes Flussgebiet sich nach dieser Seite entwickeln kann. Auch auf der Westküste des Pazifik sehen wir mächtige Randgebirge Kontinent und Ozean scheiden. Das Gebirge von Kamtschatka, das Tatargebirge, Korea und Hinterindien bilden hohe Grenzmauern zwischen beiden. Man kann daher diesen Charakter eines von parallelen Randgebirgen umrahmten Ozeans als den „pazifischen Typus" der Küstenentwickelung dem atlantischen gegenüberstellen.

3. Der Indik. Wird nach Norden begrenzt durch die Küsten von Asien, nach Westen durch Afrika, nach Osten durch die Sundainseln und Australien, nach Süden durch den Polarkreis. Er umfasst ein Areal von 74 Mill. □km oder 1 340 000 □Meilen. Während sein südlicher Teil den Charakter eines fast inselfreien offenen Beckens besitzt, greift er im Norden mit drei tiefen Buchten in das Festland hinein: dem Meerbusen von Bengalen, dem

Arabischen Meer mit dem Golf von Persien, und dem Roten Meer. Seine Küstenentwicklung ist abwechslungsreich, doch nähert sie sich mehr dem atlantischen als dem pazifischen Typus. Während seine südliche innere Fläche keine Inseln besitzt, liegen in seiner Nordhälfte die Korallenarchipele der Andamanen, Nikobaren, Lakkediven, Malediven und Chagosinseln, dann einige kleine vulkanische Inselgruppen wie Seychellen, Amiranten. Bemerkenswert sind die grossen Inselschollen von Madagaskar, Ceylon und der grossen Sundainseln, welche an seinem Rande liegen. Auf der langen afrikanischen Küste münden nur der Limpopo und Sambesi, im Norden Euphrat, Tigris, Indus, Krischna, Godavari, Ganges, Bramaputra und Iravaddy.

4. Das Nördliche Eismeer, der Arktik, umfasst ein Gebiet von 15 Millionen □km oder 278 000 □Meilen. Es ist charakterisiert durch eine Menge grosser Kontinentalinseln, welche seine Fluten gliedern; Spitzbergen, Novaja-Semlja, die Neusibirischen Inseln, Banks-Land, Prinz Alberts-Land, Grinnelland, Baffinsbai und Grönland sind die wichtigsten derselben. Einen grossen Teil des Jahres deckt eine unabsehbare Eisdecke das Arktische Meer, und macht es jedem Schiff unnahbar.

5. Das Südliche Eismeer, der Antarktik enthält ein Gebiet von 20 Millionen □km oder 372 000 □Meilen und gehört zu den unbekanntesten Teilen der Erde. Der südlichste erreichte Punkt in 78° SBr. zeigt die mächtigen Vulkane Erebus und Terror, an verschiedenen anderen Stellen hat man Landränder entdeckt, aber die übrige Fläche ist so unter Eis und Schnee begraben, dass kein

Mensch zu sagen weiss, ob sie dem Meere oder dem Festland zuzurechnen ist. Hier harren noch grosse ungelöste Aufgaben der geographischen Wissenschaft und des Mutes der Entdecker.

Die Grösse der Erdoberfläche berechnet man zu 9 261 238 geographischen Quadratmeilen, die von den Festländern eingenommenen Flächen betragen ungefähr 2 470 903 geographische Quadratmeilen, die vom Meerwasser bedeckte Fläche der Erde beträgt mithin 6 790 335 Quadratmeilen. Berechnet man hieraus das Grössenverhältnis dieser Flächen, dann ergiebt sich, dass sich die Festländer zu den Ozeanen wie ungefähr 3 : 8 verhalten, dass stark $^5/_8$ der Erdoberfläche vom Meere bedeckt sind.

Verknüpfen wir diese Thatsache mit den im vorigen Abschnitt gewonnenen Resultaten, so sehen wir eine dünne, lückenhafte Haut von Wasser den Erdball umspannen; grosse und kleine Öffnungen in diesem kontinuierlichen Wassermantel lassen Festländer und Inseln hervortreten, allein die grössere Hälfte der Erdoberfläche ist mit jenem dünnen Wasserhäutchen überzogen.

Dem sorgfältigen Beobachter einer Erdkarte wird es nicht entgehen, dass auf den meisten derselben der Äquator nicht in der Mittellinie der Karte, sondern etwa 10—12° unterhalb derselben gelegt ist. Das Kartenbild wird dadurch schöner, aber es wird bei dem Beschauer der Eindruck erweckt, als ob Wasser und Festland ziemlich gleichmässig auf der Erdoberfläche verteilt seien, während in Wirklichkeit die südliche Halbkugel unverhältnismässig wasserreich ist, und die nördliche Halbkugel durch ihre grossen Festländer ausgezeichnet erscheint. Noch schärfer aber wird



Fig. 10. Die Wasser- und Landhemisphäre.

der Gegensatz einer trockenen und einer wasserreichen Hemisphäre, wenn man dieselben nicht nach den Drehungspolen der Erdachse, sondern nach zwei Punkten orientiert, welche sich in Neu-Seeland und den Nordseeländern gegenüberliegen. Dann erkennt man (s. Fig. 10), dass Wasser und Land auf den beiden Halbkugeln völlig entgegengesetzte Räume einnehmen, dass man eine „Wasserhalbkugel“ von einer „Landhalbkugel“ unterscheiden kann.

5. Wellen und Brandung.

Embryonalwellen. Tiefe der Wellenbewegung. Wellen auf stürmischer See. Höhe der Wellen. Wellenlänge. Dünung. Wirkung des Öles. Wasserfäden. Brandung. Sog. Kraft der Brandung. Kalema.

Der Wind, der über eine glatte Wasserfläche hinstreicht, kräuselt deren Oberfläche und bedeckt sie mit kleinen wellenartigen Rippen und Furchen. Hält der Wind länger an, so vergrössern sich diese kleinen Wellen und mit dem Wachstum der Windstärke wächst auch die Höhe und Länge der Wasserhügel. Die kurzen, schwach gebogenen Embryonalwellen werden zu langen, breiten Kämmen, und nach einiger Zeit ist die ruhige See zum tosenden, stürmenden Ozean geworden. In langen parallelen Zügen treiben die Wellenberge daher und scheinen das ganze Wasser in der Richtung des Windes vorwärts zu bewegen. Wenn wir aber eine leere Tonne, welche soeben über Bord geworfen wurde, aufmerksam betrachten, so sehen wir sie bald hoch auf dem Wellenkamm tanzen, bald wieder tief in das Wellenthal hinabsinken, ohne dass sie sich horizontal wesentlich vorwärts bewegte. Die Wasserbewegung ist also nur scheinbar horizontal gerichtet,

in Wirklichkeit findet ein vertikales Auf- und Absteigen der Wassermasse statt.

Nach angestellten Versuchen kann man annehmen, dass diese auf- und abwärts gerichtete Wasserbewegung bis in die 350malige Tiefe der Wellenhöhe bemerkbar ist, dass also eine gewöhnliche Welle von 2 m Höhe die ganze Wassermasse 700 m tief in vertikale Schwingungen versetzt.

Nicht achtend der Sturzwellen, welche schäumend das Deck überfluten, stehen wir unter der Kommandobrücke und blicken hinaus in die sturmbewegte See. Soweit unser Auge reicht, sehen wir eine bleigraue Fläche und darüber dehnt sich ein dunkelbewölkter Himmel. Nirgends sehen wir Ruhe. Alles ist in Bewegung, und so wie unser Schiff auf- und niederstampft, dann wieder rollend sich auf die Seite legt, so wogt es rings um uns auf und ab, und keine Stelle der weiten Meeresfläche gewährt auch nur eine Sekunde lang denselben Anblick. Silberne Lichter und grauschwarze Schatten gliedern sie in einzelne Berge, die sich nach dem Horizont zu immer mehr verkleinern, jede Welle ist besetzt mit kleinen Wellen und jeder Wellenkamm hebt sich als weisses Schaumband von dem Wasserhügel ab.

In der Ferne erscheinen die Wellen als kleine Hügel und wie weisse Wollenflöckchen schweben die Kämme darauf; ein dünner Schleier zerstäubenden Wasserschaumes verwischt alle Konturen und breitet sich wie ein durchsichtiger Nebel über das wildbewegte Meer. Aber indem die Welle auf unser Schiff zuschreitet, wird sie grösser und breiter, sie reckt sich aus der Wasserfläche heraus — dann mit einem Male erhebt sich auf ihrem Gipfel der

weisse Schaumkamm. Er erscheint so spontan, so unerwartet und verändert so plötzlich den Anblick der Woge, dass wir vermuten könnten, er dringe wie ein Springquell sprudelnd aus dem Wasserberge hervor, der Wind zerstäubt seine obere Hälfte zu feinem Nebel und jagt uns den Gischt in das Antlitz, die andere Hälfte versinkt rasch, und indem die Welle weiter eilt, und ein Wellenthal da erscheint, wo wir eben noch einen drohenden Wasserberg erblickten, bedeckt sich die schwärzliche Fläche mit langgezogenen Streifen weissen Schaumes und wieder hebt sich eine neue Woge vor unseren Augen empor.

Das stattliche Schiff stampft auf und nieder, und wenn die Schraube zehn und mehr Schläge ausser Wasser thut, dann zittert das Schiff in seinen Fugen und die Flügel der Schraube peitschen das Meer so kräftig, dass der Gischt wie ein Springbrunnen emporspritzt. Der Sturm heult in den Raaen, die Taue klappen, die Segel flattern im Winde und der schrille Schrei der Möwe dringt schauerlich durch das Brausen des Sturmwindes und das dumpfe Dröhnen der Wogen.

Wir versuchen die Höhe der Wellen zu schätzen, aber bald sehen wir ein, wie schwer es ist, sich darüber ein sicheres Urteil zu bilden. Das schwankende Schiff giebt uns keinen Ruhepunkt, und leicht überschätzen wir die Wellenhöhe.

Die Naturforscher der Challengerexpedition haben auf ihrer dreijährigen Reise im Maximum 7 m hohe Wellen beobachtet und die höchsten exakt gemessenen Wellen des offenen Meeres betrugen 11.5 m.

Die Wellenhöhe ist abhängig von der Stärke des Windes und von seiner Dauer; folgende Tabelle mag die betreffenden Verhältnisse klarlegen:

Seegang.	Windgeschwindigkeit in der Sekunde.	Minimal- Maximal-Wellenhöhe.
Leichter Seegang	6.8 m	0.8 m— 4 m
Dünung	7 m	1 m— 4.5 m
Hohe Dünung	8 m	3 m— 7 m
Grobe See	10 m	2.3 m— 6.5 m
Hohe See	13 m	3.5 m— 5 m
Sehr hohe See	16 m	6.5 m—11.5 m

Gelegentlich mögen wohl auch noch höhere Wellen vorkommen, allein exakte Messungen liegen darüber nicht vor.

Die Wellenlänge ist eben so verschieden wie die Höhe und beträgt bei einer Sturmgeschwindigkeit von 11—15 m in der Sekunde 50—140 m. Die längsten gemessenen Wellen werden zu 824 m angegeben mit einer Geschwindigkeit von 35 m in der Sekunde.

Schon der Anblick einer sturmbewegten Welle lehrt, s. Fig. 11, dass sie aus zwei Teilen besteht: einem soliden Wasserberg und einem daraufsitzendenS chaumkamm. Der innere Wasserkörper der Welle ist das Resultat vieler aufeinanderfolgender Windstösse, welche die kleine Anfangswelle zu der grossen Woge auftürmten, es ist der äussere Ausdruck für die vertikale Schwingung der darunter befindlichen Wassersäule; der schäumende Wellenkamm aber ist die Wirkung des lokalen Windstosses auf die obersten Teile der Welle. Kleine Wellen können hohe Schaumkämme haben, wenn sie nur von einem kräftigen Windstoss

getroffen werden; und es giebt gewaltige Wogen, welche oberflächlich spiegelglatt erscheinen und doch dem Schiff grosse Gefahr bringen können. Die auf- und abschwingende Bewegung der Wassersäule setzt sich seitlich fort, und

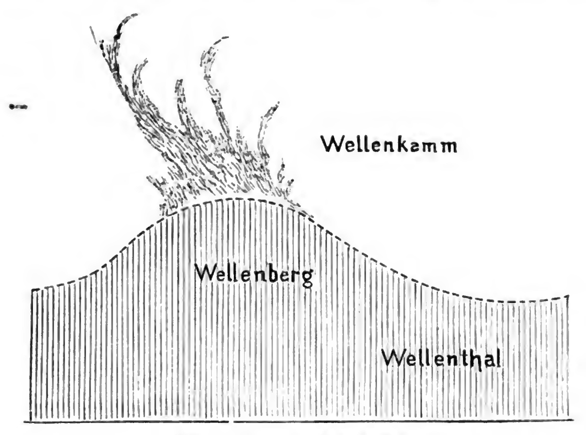


Fig. 11. Eine ozeanische Welle.

wenn der Wind sich gelegt hat, so beharrt einige Zeit das Meer in seiner Wellenbewegung weiter. Solche glatte Wellen, ohne schäumenden Wellenkamm, nennt man Dünung.

Es giebt ein Mittel, um jederzeit aus den mit Schaumkronen versehenen Wellen, künstlich Dünung zu erzeugen und dadurch die Gewalt der Woge zu vermindern.

Wenn man nämlich bei hoher stürmischer See an beiden Seiten des Schiffes einen Sack aushängt, der mit ölgetränktem Werg gefüllt ist, so breitet sich eine dünne Ölschicht über das Meer, der Windstoss kann die Wasser-



Fig. 12. Brandende Welle und Sog.

fläche nicht mehr packen, und vermag nicht einen Wellenschaumkamm zu erzeugen. Das Öl muss schwerer tierischer Thran sein, und der Verbrauch ist so gering, dass man in acht Stunden etwa drei Liter nötig hat, um eine merkliche Abschwächung der Wellenhöhe zu bewirken. Die eigentliche Wasserbewegung wird durch das Öl aber nicht beeinflusst, sondern es wird nur die Bildung eines Schaumkammes gehemmt.

Man kann sich die Wassermasse vorstellen als bestehend aus vielen parallelen Wasserfäden, welche ruhelos auf- und absteigen. Indem die Welle sich seitlich fortsetzt und immer neue benachbarte Wasserfäden zu der Auf- und Abwärtsbewegung veranlasst werden, gelangt die Woge allmählich der Küste näher und in flacheres Wasser. Im tiefen Ozean fanden die auf- und absteigenden Wasserfäden keinen Widerstand; indem sie aber ihre Bewegung in geringere Tiefen fortzusetzen trachten, kommt endlich ein Moment, wo die nach abwärts gerichtete Bewegung der Wasserfäden durch den herauftretenden Meeresgrund gehemmt wird, und indem die Woge sich der Küste nähert, und nicht mehr Raum findet, um ruhig auf und ab zu pendeln, überstürzt sich der Wellenkamm nach dem Lande zu — die Welle brandet, s. Fig. 12 u. 13.

Der Windstau, der unvollständige Rücklauf, die Anhäufung des Wassers auf dem steil ansteigenden Strand, alles das arbeitet zusammen, um die Höhe der auf den Strand laufenden Welle zu steigern. Unter dem überstürzenden Wellenkamm entsteht eine seewärts gerichtete Wasserbewegung, der Sog, den man beim Baden nahe der Küste leicht beobachten kann, wenn Einem die Füsse

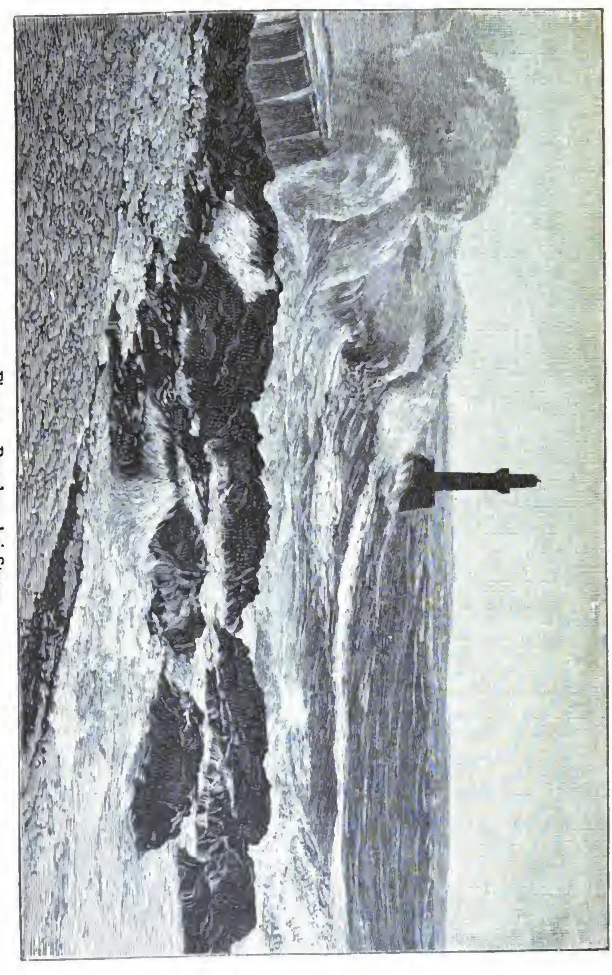


Fig. 13. Brandung bei Sturm.

durch die rücklaufende Welle weggezogen werden. Unser Bild Fig. 12 giebt die charakteristische Erscheinung des Sog unter der brandenden Welle wieder.

Leicht ist es zu schildern die liebliche Ruhe der See, wenn langsam Welle auf Welle zum Strande rollt und dort in milchweissem Schaum zerfliessend ans Ufer rinnt; aber Worte zu finden für eine Schilderung der stürmischen Brandung, wird stets eine unerreichbare Aufgabe bleiben. Wenn mit elementarer unheimlicher Gewalt das tobende Meer mächtig aus seinen Ufern tritt, wenn die drohenden Wellenberge, vom Sturm gejagt, immer näher und näher kommen, wenn das schwarze Wasser gen Himmel schwillt und sich mit den bleigrauen, blitzdurchzuckten Wetterwolken zu vermählen trachtet — dann fühlt man erst die Nichtigkeit aller menschlichen Kraft, dann erst lernt man den Ozean in seiner titanischen Macht kennen. Dumpf dröhnen, von den Wellen gewälzt, die Granitblöcke des Strandes, fauchend saust der Sturmwind über unser Haupt, treibt uns den salzigen Schaum ins Gesicht und versetzt uns den Atem. Wehe dem Schiff, das mit zerrissenem Segel und gebrochenem Maste dem brandenden Strande zugetrieben wird, um hier rettungslos zu zerschellen.

Man hat mit einem Kraftmesser die mechanische Leistung der Brandung gemessen und dabei gefunden, dass der horizontale Druck der Wellen am Bristolkanal 137 kg, der vertikale Druck aber 11 500 kg auf den Quadratmeter betrug, und ein Blick auf Fig. 13 zeigt, welche gewaltige Höhe die Brandungswelle erreichen kann.

Die Brandungswelle erreicht Dimensionen, welche viel grösser sind als die der Wellen auf offenem Meere.

An einem Leuchtturm auf den Shetlandsinseln wurde in 59 m Höhe eine Thür eingedrückt, und an dem Wellenbrecher von Wick in Schottland wurde ein Steinblock von 320 cbm, der auf drei Betonwürfeln verankert war, mit diesen ins Meer heruntergeworfen und dabei ein Gewicht von 1 350 000 kg ungefähr 15 m weit bewegt.

Manche Gegenden der Erde sind wegen ihrer steten Brandung gefürchtet. Auf der Rhede von Madras müssen die Schiffe weit draussen vor Anker gehen und die Passagiere werden in kleinen aus biegsamen Planken gebauten Booten ans Land gebracht. An der Guineaküste herrscht selbst bei vollkommener Windstille eine Brandung, welche dort Kalema genannt wird.

Dass eine solche weitverbreitete Erscheinung mit ihrer intensiven Kraftleistung eine hohe geologische Bedeutung besitzt, ist leicht einzusehen, und es wird die Aufgabe des folgenden Abschnittes sein, die Erscheinungen der sogen. Abrasion zu besprechen.

6. Die Abrasion.

Helgoland. Wanderung um die Insel. Laminarien. Felspfeiler. Chemische Wirkung des Seewassers. Zerstörung der Insel. Frost am Strande. Bohrende Tiere. Bildung der Höhlen auf Capri. Blaue Grotte. Abrasion bei Transgression.

Malerisch ragt die Felseninsel aus dem Meer, welche, schon längst ein Stück deutsche Erde, vor wenigen Jahren auch politisch mit Deutschland vereinigt wurde. Rot steigen senkrechte Felsen empor, ein weissglänzendes sandiges Vorland schmiegt sich an ihren Fuss und ein grüner Teppich bedeckt ihre Oberfläche.

Indem sich unser Schiff dem Strande nähert, finden wir Gelegenheit, die Felswände zu betrachten und die Form der Insel im Zusammenhang mit dem umgebenden Meeresgrund zu studieren.

Die Grundfläche der Insel ist ein mit der Spitze nach NW gerichtetes langes Dreieck. Die dem Landungsplatz zugewandte Basis zeigt eine 60 m hohe Steilwand, bestehend aus dünnbankigen roten Mergeln und Sandsteinschichten, zwischen denen einzelne grünliche oder hellrote Bänkchen zu bemerken sind. Verfolgen wir die Schichtenfugen, welche die übereinander liegenden Bänke abteilen, so erkennen wir, dass dieselben von WSW nach ONO geneigt

sind („einfallen"), dass aber die Neigung derselben nicht durch die ganze Felswand verfolgt werden kann, sondern, oft unterbrochen, in einem andern Niveau weitergeht; dass die Schichten durch Bruchspalten zerstückelt und die einzelnen Stücke gegen einander verschoben sind.

Fig. 14 giebt in halbschematischer Weise einen Durchschnitt durch Helgoland und den umgebenden Meeresgrund von SW nach NO wieder, und auf dem Titelbild dieses Büchleins ist ein Teil der Westküste dargestellt.

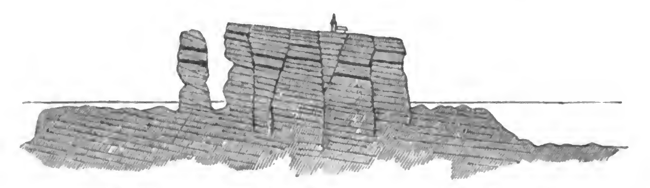


Fig. 14. Schematischer Durchschnitt durch Helgoland.

Wir sehen, dass vor der SWküste ein 600 m breites Vorland flachen Wassers liegt, jenseits dessen grössere Meerestiefen gelotet werden. An derselben Küste fallen uns isolierte Felspfeiler auf, welche mitten im Meere nahe der Küste stehen, während daneben tiefe Höhlen in das Gestein eingewühlt sind. Auf der gegenüberliegenden NOküste fehlen die isolierten Felsen und die Grotten, auch ist das seichte Stufenland vor dem Strande nur 200 m breit, dann folgt eine grössere Tiefe von 12 m, jenseits deren die „Düne" aus dem Meer hervortritt.

An einem ruhigen Tage und bei beginnender Ebbe wandern wir vom Unterland aus nach Westen mit dem Entschluss, die Insel zu umkreisen. Kaum haben wir

das Südhorn erreicht, jene scharf nach S gerichtete Ecke, so treten wir in eine Klippen- und Felsenwelt ein. Unersteiglich erheben sich zu unserer Rechten die Felsen, Felszacken ragen aus dem ebbenden Wasser hervor, und grobe Felsblöcke liegen wild durcheinander am Ufer, sodass unser Fuss nur mühsam vorwärts schreitet.

Ein olivengrüner Vorhang von Blasentang *(Fucus vesiculosus)* umzieht als scharf abgeschnittenes Band den Fuss

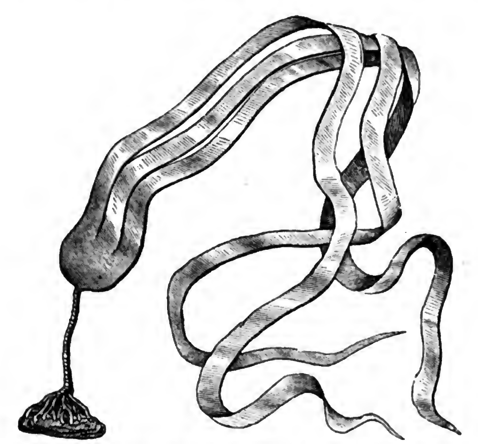


Fig. 15. Laminaria auf einen Stein aufgewachsen.

der Felsen und markiert den Stand der Flut; ein Wald von Bändertangen *(Laminaria digitata)* überzieht die roten Klippen soweit das flache Vorland nach SW reicht, und hie und da ragen die dunkelgrünen glänzenden Blätter aus dem Wasser hervor. Dort am Ufer hat der letzte Sturm einige Laminarien ausgeworfen, die wir voll Verwunderung betrachten. S. Fig. 15.

Auf einem rundgescheuerten Felsstück klammert sich die vielfach vergabelte Wurzel fest; kleine Muscheln bemerken wir zwischen den fingerförmigen Wurzelenden. Dann vereinigen sich diese zu einem drehrunden fingerdicken Stiel, der etwa 20—30 cm lang ist. Daran setzt sich das 10—25 cm breite und 2—3 m lange, lederartige Blatt, das in lange Streifen zerschlitzt ist.

So oft wir ein Blatt aufheben — fast immer sehen wir es aufgewachsen auf einem Felsblock, und nur selten finden wir ein Exemplar, das von der Unterlage abgerissen wurde. Und wenn wir uns hinauswagen in das Tangmeer und versuchen eine der Laminarien auszureissen, so werden wir nur selten die Wurzel heraufbringen ohne den Steinblock, auf dem sie festgeklammert war.

So wandern wir beobachtend weiter, und springen von Felsen zu Felsen, oft in Gefahr, auf dem glattgescheuerten Gestein auszugleiten und ein unfreiwilliges Bad zu nehmen. Da sehen wir vor uns den hohen Felsenturm des „Mönch“ und nicht fern davon jene grosse Grotte, welche bei der abendlichen Beleuchtung der Insel uns so wunderbare Lichteffekte gezeigt hatte. Überall, wohin wir blicken, sehen wir die Spuren der Zerstörung. Der Mönch und ähnliche isolierte Türme, was sind sie anderes als die Grenzsteine einer früher grösseren Insel, die letzten Spuren einer zerstörten Küste? Jene Höhlen und Grotten, was lehren sie uns anderes, als dass das Meer mit gewaltig tobender Brandung gegen die Felsen wogte und Stein um Stein abriss? Die Blöcke, welche eben erst vom Felsenufer herabgestürzt sind, zeigen scharfe Kanten, spitze Ecken und eine rauhe Oberfläche, aber je länger sie am

Strande liegen, desto glatter und runder werden sie, desto mehr werden sie verkleinert — auch an ihnen sehen wir das Resultat zerstörender Klippenbrandung. Wie die Steine in der Kugelmühle, so rieb und schüttelte die Brandung alle diese Blöcke durch einander, und rundete ihre Oberfläche zu solcher Glätte, dass unser Fuss nur schwer auf ihnen haftet.

Jetzt haben wir die Nordspitze der Insel erreicht, und wandern auf der NOküste dem Unterlande wieder zu. Ein ganz anderer Küstencharakter fällt uns sofort auf. Nirgends sehen wir isolierte Felspfeiler, nirgends überhängende Felstafeln und düstere Grotten, nicht ragen Felsenzähne aus dem Wasser hervor; mit Leichtigkeit wandern wir über die grossen Steintafeln hinweg, welche den ebbeentblössten Strand bilden. Auch die Laminarien treten zurück, und das stufenförmige Vorland ist wesentlich schmäler. Wohl ist das Gestein auf beiden Ufern dasselbe, und doch finden wir eine solche Verschiedenheit im landschaftlichen Charakter?

Ein Blick auf den Durchschnitt Fig. 14 lehrt uns die Ursache dieses Unterschiedes kennen. Die Schichten Helgolands fallen ungefähr von W nach O ein, s. Titelbild. Auf der SWküste werden die Felsbänke leicht unterwaschen und dann bricht die ganze darüber befindliche Steinmasse auf einmal herunter, und ihre Blöcke werden von der Brandung weiter zerkleinert. Auf der NOküste dagegen liegen die Schichten so übereinander, dass ein Unterwaschen kaum möglich ist, deshalb ist hier die Zerstörung durch die Brandung geringer.

Es kommt dazu, dass auf der NOküste die vorliegende „Düne“ einen Teil der Wellenkraft auffängt, während die SWküste frei dem offenen Meere zugekehrt ist. Ausserdem findet hier die Brandung eine bemerkenswerte Unterstützung in ihrem Zerstörungswerk durch die Laminarien. Fest klammert sich ihre Wurzel auf den Klippen des Meeeresgrundes an. Das lange Blatt wird durch jede Welle hin und her bewegt und hebelt an dem Stein, auf dem es festgewachsen ist. Langsam und ohne Unterbrechung übertragen sich alle Bewegungen des grossen Blattes auf seine Basis, und im Laufe der Jahre wird der Stein so gelockert, dass ihn endlich ein kräftiger Sturm mit dem Blatte heraushebt und an den Strand wirft. So unterstützen die Pflanzen den Zerstörungsprozess von Helgoland.

Aber auch chemisch löst und leckt das Seewasser an den Felsen. Man hat am „Hengst“ auf Helgoland Marken in die Mergel eingegraben, welche nach einigen Jahren so verwischt waren, dass man schliessen kann, es werde innerhalb eines Jahres etwa 1 cm abgetragen, und eine einfache Rechnung zeigt, dass die blosse abreibende und lösende Thätigkeit der Wellen, Helgoland in 12 000 Jahren vollkommen zerstören würde. Rechnet man hinzu die Unterwaschung, das Nachstürzen überhängender Felsen, die Thätigkeit der Laminarien u. a., so scheint es sicher, dass die kleine Insel schon viel früher der Brandung zum Opfer fallen wird.

Eine interessante Wirkung des Meeres auf die Küstengesteine beobachtet man an nordischen Küsten. Während der Flut wird ein grosser Teil der Küste vom Wasser

benetzt, das rasch in alle Gesteinsspalten hineindringt. Bei der Ebbe friert das Wasser in den Spalten, und durch die hierbei erfolgende Ausdehnung zerbröckelt es die Gesteine. Durch den häufigen Wechsel dieses Vorganges werden die Küstengesteine sehr rasch und gründlich zerstört.

Auch die Tierwelt unterstützt den Zerstörungsprozess der Küstengesteine. Bohrmuscheln, bohrende Seeigel, Würmer und Schwämme graben sich in weiche und harte Gesteine hinein und helfen die Strandlinie vertiefen, s. Fig. 6.

Alle die bisher besprochenen Vorgänge, durch welche das Meer zerstörend auf die Küstengesteine einwirkt, nennt man „Abrasion".

Wir haben gesehen, dass mechanische, chemische und organische Kräfte zusammenwirken und dass die Struktur der Küstengesteine, ihre Härte und Schichtung eine wichtige Rolle hierbei spielen und die Wirkung der Abrasion wesentlich beeinflussen.

Die Abrasion kann freilich nur im Niveau der Brandung wirken, aber durch Unterwaschen der überhängenden Felsen bringt sie die ganze Felsenmasse der Küste in Bewegung und schafft hohe Steilufer.

Die Bildung von Grotten und Höhlen im Niveau des Meeres ist eine Wirkung der Abrasion und je nach der Beschaffenheit der Gesteine ist es bald ihre chemische, bald ihre mechanische Thätigkeit, welche Höhlen am Meeresstrande erzeugt.

Von dem lieblichen Capri sind wir herabgestiegen zur *Piccola marina,* und am felsigen Strande wartet auf uns das kleine Ruderboot, das uns um die Insel herumfahren

soll. Steil, unersteiglich stürzen silbergraue Felsen zum blauen Meere ab und wie drei kühne Recken stehen die Faraglionifelsen trotzig in der Salzflut. Hart am Strande ist ein zackig zerrissenes Klippenband. Wie mit Säure geätzt, so rauh und scharf sind die Kalkfelsen, an denen seit Jahrtausenden lösend die Meereswellen lecken. Wir fahren nach Westen und gelangen bald an den Fuss des Monte Solaro, wo die „grüne Grotte“ unser Boot aufnimmt. Leicht sehen wir an den Kalkfelsen, dass sie durch Schichtenfugen in einzelne übereinanderliegende Bänke geteilt werden und dass das Meer hier leichte Arbeit hatte, indem es die Kalkbänke untergrub, eine schützende Grotte zu schaffen. Dann fahren wir um die Westseite der Insel herum und gelangen endlich an die berühmte *Grotta azurra.* Eng und niedrig ist der Eingang der Grotte und kaum vermag unser Boot hineinzuschlüpfen. Eine weite märchenhaft erleuchtete Halle öffnet sich, und blaue Lichter strahlen in dem halbdunklen Raum. Wir sehen, dass die Grotte von Tageslicht erhellt wird, welches tief in das blaue Meer eingedrungen ist und aus dem Wasser blau gefärbt hervorleuchtet. Orangegelbe Korallen wachsen am Rande der Grotte, und zierliche Algen bilden einen rotgrünen Saum. Hier konnte die mechanische Thätigkeit der Abrasion auf den ungeschichteten Kalk nur wenig wirken, dafür sehen wir überall die Spuren der chemisch lösenden Thätigkeit der Wellen und bewundern, wie im Laufe langer Jahrhunderte dieser Wundersaal gebildet worden ist.

Ein schönes Beispiel der Wirkung der Abrasion zeigt Fig. 16. Hier ist die Brandung in die Küste mit tiefen

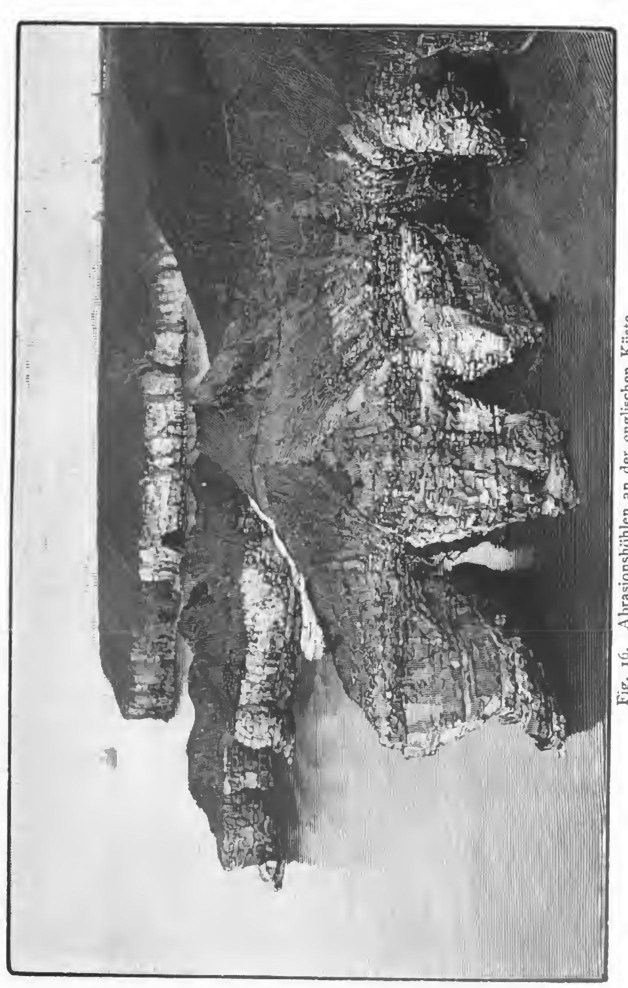


Fig. 16. Abrasionshöhlen an der englischen Küste.

Buchten hineingedrungen, und jede Halbinsel ist durch Brandungshöhlen unterwühlt, so dass bei jedem stärkeren Sturme grosse Stücke des Landes vom Meere verschlungen werden.

Und wie wir an allen Küsten der Erde die Wirkung der Abrasion bald still und langsam, bald stürmisch zerstörend wirken sehen, so ist die Abrasion zu allen Zeiten wirksam gewesen und im Laufe der Erdgeschichte sind Abrasionsvorgänge in grossartigem Massstabe erfolgt. Jede Transgression ist mit Abrasion verknüpft, jedes Vorschreiten der Brandungswelle über einen Kontinent hinweg war begleitet von intensiven Abrasionsvorgängen.

Jede diskordante Überlagerung mariner Schichten ist eine versteinerte Abrasion und an vielen Punkten des festen Landes finden wir ihre versteinerten Spuren dem Felsen eingegraben. Hoch in den Kalkplateaus des Salzkammergutes und unter der tropischen Sonne des südlichen Indiens sehen wir fossile Anzeichen der Abrasion, und erkennen die hervorragende Rolle, welche diese geologische Kraft zu allen Zeiten der Erdgeschichte gespielt hat.

Das Problem der Veränderung der Meerestiefe verknüpft sich mit dem Phänomen einer Flächenveränderung, und wo immer die eine dieser Erscheinungen in Thätigkeit tritt, da stellt sich gleichzeitig auch die andere ein und gestaltet die Wohnsitze der Landorganismen ebenso um, wie diejenigen der Fauna und Flora des Meeres. Wenn hier der Landfauna ein Teil ihrer Wohnplätze geraubt wird, so kommt dieser dafür den Bewohnern des Meeres zu gute und immer mannigfaltiger gestaltet sich das Bild der steten Veränderungen der Erdoberfläche.

7. Tektonische Veränderungen der Meeresbecken.

Erkaltung des Erdkernes. Radiale und tangentiale Bewegungen der Erdrinde. Horste der Kontinente. Faltengebirge. Erdbeben. Bildung des Roten Meeres, des östlichen Mittelmeeres. Bionomische Folgen der Einbrüche. Gebirgsbildungsperioden. Transgressionsperioden.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten eine Reihe von kleineren und grösseren Veränderungen kennen gelernt haben, welche sich innerhalb der flüssigen Wasserhülle des Erdballs vollziehen, nachdem wir gesehen haben, wie diese um die Erdkugel gelegte Wasserhaut ihre Fläche und ihre Tiefe verändert und dadurch auch das feste Felsgerüst der Erde zu verändern im stande ist; wie die Abrasionswelle über die Kontinente hinwegschreitet, wie durch Oszillationen der Stand des Meeres und der Verlauf der Küstenlinie mannigfach modifiziert wird — soll es jetzt unsere Aufgabe sein, die Bewegungen der festen Erdrinde, die sogen. Dislokationen zu betrachten und zu verfolgen, wie durch sie wiederum die Ausdehnung der irdischen Wasserbedeckung beeinflusst wird.

Wenn ein Apfel durch Wasserverlust eintrocknet, dann verkleinert sich sein Volumen. Die vorher straff gespannte

Schale wird dem Apfelkörper zu gross, sie bedeckt sich mit Runzeln und sinkt an manchen Stellen ein.

Auch der Erdball verkleinert sein Volumen. Durch Ausstrahlung nach dem Weltenraum verliert er beständig Wärme; das Erdinnere kühlt sich allmählich ab, und schrumpft wie der vertrocknende Apfel zusammen.

Um das heisse, halbflüssige Erdinnere spannt sich die erstarrte Steinkruste der Erdrinde, und während sich ersteres gleichmässig und langsam zusammenzieht, wird die Rinde dem Erdball zu gross. Sie kann nicht mehr dem Einschrumpfungsprozess gleichmässig folgen, dafür ist sie schon zu spröde, dennoch können zwischen Rinde und Erdkern keine offenen Lücken bleiben. Infolge davon sinken einzelne Erdschollen zur Tiefe und folgen der Schwerkraft, indem sie dem einsinkenden Erdkern nachgeben.

Schon lange ist es her, dass dieser Vorgang begann, und als die ersten und grössten Veränderungen der Erdoberfläche müssen wir die Bildung der grossen Meeresbecken betrachten.

Es will uns wunderbar und kaum glaubhaft erscheinen, dass ein Teil der Erdrinde 5000 m tief hinabsinken soll, während andere Rindenteile stehen bleiben, aber wenn wir uns das 6000 m tiefe Becken des Pazifik ursprünglich in demselben Niveau denken mit dem 2000 m hohen Tafelland von Arizona, so würde das auf einem 1720 mm hohen Globus eine Verschiebung von etwas über einen Millimeter betragen.

Das Ungeheuerliche verschwindet, das Unglaubliche wird uns verständlich, wenn wir es im richtigen Verhältnis aller Umstände betrachten.

Die Kontinente, deren sockelartige Umrisse durch die Kontinentallinie gegeben sind, stellen also die auf dem früher gleichmässigen Niveau der Erdrinde stehen gebliebenen Rindenstücke dar, während der Boden der Ozeane von denjenigen Erdschollen gebildet wird, welche, dem Einschrumpfungsprozess des Erdinnern folgend, in die Tiefe gesunken sind. Man nennt jene stehen bleibenden Teile „Horste".

Während vorher ein gleichmässig flacher, nur 2000 m tiefer kontinuierlicher Ozean die ganze Erdkugel umspannte, sammelte sich infolge jener Schollenbewegung das Meer über den einsinkenden Rindenstücken zu grösserer Tiefe, und floss von den vorher überspülten, stehenbleibenden Horsten der Kontinente ab — der Gegensatz zwischen Ozeanbecken und Kontinent, aber zugleich auch der Gegensatz zwischen Meer und Festland, war damit gegeben.

In dem Pazifik müssen wir eines jener Urmeere erblicken, die so alt sind, wie der Gegensatz von Kontinent und Ozean, die zurückreichen in eine Zeit, welche nur von dem schwachen Schimmer der Hypothese erreicht werden kann.

Ehe wir aber die Geschicke anderer Ozeane betrachten, müssen wir noch einer zweiten Folge des Einschrumpfens der Erde gedenken.

Wir sahen an dem eintrocknenden Apfel, dass nicht nur einzelne Teile einsinken, sondern dass zugleich die Oberfläche der Schale sich runzelt. Die Schale wird dem Apfel zu weit, und da sie sich nicht ablösen kann, so legt sie sich in kleinere und grössere Falten.

Auch die Erdrinde runzelt sich — uns kleinen Menschen freilich kommen diese Runzeln sehr bedeutend vor, und wenn wir den 8000 m hohen Gipfel des Kadschindschinka von Dardschiling aus vor uns sehen, und seine unerstiegenen eisigen Höhen im Purpur der scheidenden Sonne glänzen, da will uns das majestätische Gebirge unermesslich hoch erscheinen — und doch würden wir es auf einem Globus von 1720 mm kaum modellieren können. Und unsere deutschen Mittelgebirge, die kleinen Runzeln, die wir Harz, Thüringerwald und Riesengebirge nennen, sie würden wir überhaupt nicht erkennen.

So äussert sich das Einschrumpfen der Erde in zweierlei Weise, radial brechen grosse Schollen in die Tiefe, tangential türmen sich Faltengebirge auf.

Erst in dem letzten Jahrzehnt haben sich diese Anschauungen Bahn gebrochen und die frühere „Hebungstheorie" ersetzt.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier auf alle Seiten und die noch offenen Probleme der neuen Gebirgsbildungstheorie einzugehen; der wesentliche Vorzug derselben liegt jedenfalls darin, dass man nicht mehr vulkanische mystische Hebungskräfte anzunehmen hat, sondern dass nur die wohl bekannte Schwerkraft als Ursache der Senkung und die astronomisch wahrscheinliche Volumverringerung des Erdkernes als Ursache der Gebirgsfaltung vorausgesetzt wird — dann ergeben sich ungezwungen alle Folgen. Der Gebirgsbildungsvorgang erscheint uns jetzt als ein Symptom des Alters der Erde, als ein kosmischer Vorgang, welcher unaufhaltsam die Oberfläche der Erde zertrümmert.

Erdbeben sind die Begleiterscheinung des Einsinkens und wenn wir hören, dass dieselben vornehmlich an den Rändern der Meeresbecken (Lissabon, Neapel), oder an den Rändern der Faltengebirge auftreten, so ist uns solches nicht mehr wunderbar.

Nicht immer sind die radial einsinkenden Erdschollen von rundlichem Umriss wie diejenigen, welche die ältesten Ozeanbecken gebildet haben, sondern auch lange schmale Streifen sinken in die Tiefe. Bis zur Tertiärzeit war Arabien mit Afrika eng verbunden; da löste sich eine lange Erdscholle los und sank langsam 2000 m tief hinab. Vulkane brachen auf den Bruchspalten hervor, dann wurde es ruhig und vom Indischen Ozean drang die See in den neugebildeten „Graben" herein und bildete das Rote Meer, indem es Besitz ergriff von einem Gebiet, das vorher dem Festlande angehörte.

Zu derselben Zeit lag die Ostküste des Mittelmeeres in der Nähe von Kreta und das syrische Festland reichte weit nach Westen. Auch hier begannen radiale Bewegungen im Felsgerüst der Erde und jene östliche Bucht des Mittelmeeres zwischen Kleinasien, Palästina und Ägypten bildete sich, so dass jetzt die Fluten des Atlantischen Ozeans und des Indischen Ozeans sich am Isthmus von Sues beinahe berührten, und seit der Bildung des Schifffahrtkanals ihre Wogen wirklich mit einander mischen.

Bedeutungsvoll sind die Folgen solcher Einbrüche. Das Wasser, welches in das neugebildete Becken hineindringt, entblösst dafür an anderen Küsten seinen Strand, die Verteilung der anziehenden Kräfte hat sich geändert

und oszillatorische Bewegungen des Meeresspiegels erfolgen an weitentlegenen Ufern. Ein Gebiet, das vorher von Landtieren und Landpflanzen bewohnt war, wird dem Reiche Poseidons zugefügt und die Geschöpfe des Meeres suchen sich ihre Wohnplätze, wo vorher Herden weideten. Die Ortsveränderung der Faunen und Floren wirkt auf diese selbst umgestaltend ein, neue Existenzbedingungen erzeugen neue Formen des Kampfes ums Dasein und neue Arten. Und alle diese Erscheinungen sind die Folgen eines Vorganges, dessen mechanische Formveränderung auf einem Globus von Manneshöhe dem sorgfältigsten Beobachter als eine kaum merkliche Verschiebung zweier Rindenstücke der Erde erscheinen würde.

Die Erdgeschichte weiss von manchen Perioden zu erzählen, in denen der Gebirgsbildungsprozess zu ruhen schien, dann kamen Epochen, in denen es sich in der Erdrinde regte, wo unter gewaltigem Erdbebenzittern die Rinde sich runzelte zu Faltengebirgen, oder wo Verschiebungen in dem Felsgerüst derselben erfolgten. Solche Epochen kann man als „Revolutionen“ bezeichnen, wenn man sich nur erinnert, dass ihre Ursachen natürliche, dass ihre Wirkungen auf der Erdrinde im Verhältnis zum Erdganzen geringfügige waren, und dass sie nicht gleichzeitig die ganze Erdoberfläche betrafen. Aber ihr Einfluss auf die Organismenwelt war bedeutsam und verhängnisvoll; und wenn wir beobachten, dass eine diskordante über ältere Gesteine hinweggreifende Ablagerung (s. Fig. 9) eine ganz neue Tierwelt enthält, so mögen wir uns erinnern, dass solches eine natürliche Folge der physikalischen Umwälzungen sein musste.

Gebirgsbildung und Transgressionen sind Vorgänge, welche ursächlich nichts mit einander zu thun haben. Es kann ein grosses Faltengebirge entstehen, oder eine Erdscholle in die Tiefe des Meeresgrundes versinken, ohne dass das Meer davon wesentlich beeinflusst wird; die See kann an den Küsten oszillieren, Strandlinien eingraben und Küstengesteine zerstören, und doch innerhalb gewisser Grenzen ruhen.

Wenn aber das Meer von geheimnisvollen Kräften aus seinen Ufern gezogen wird, wenn es als verheerende Transgression einen ganzen Kontinent überflutet, dann berührt solches nicht im geringsten das Felsgerüst der Erdrinde. Mag ein Gebirgskamm durch die Abrasion abgesägt werden, mögen grosse Festländer unter dem Spiegel des Meeres versinken, deshalb bleiben doch unverändert die Sockel der Kontinente, und wenn das Wasser sich verläuft, dann treten sie geglättet und mit neuen Sedimenten bedeckt wieder aus dem Ozean hervor.

So sehen wir die Geschicke der Organismenwelt der Erde bestimmt von zwei Vorgängen. Jeder von ihnen kann für sich die Fauna eines Landes vernichten, oder eine neue Meeresfauna schaffen.

Wenn aber einmal beide Vorgänge zufällig zusammentreffen, wenn sie ihre schöpferische oder vernichtende Wirkung in demselben Sinne ausüben und gegenseitig steigern, dann schaffen sie eine neue Lebewelt, und der geschulte Blick des Geologen findet auf den durch Abrasion eingeebneten Falten eines alten Gebirgslandes die neue Fauna transgredierender mariner Schichten diskordant aufgelagert.

---

8. Temperatur des Wassers.

Insulares und kontinentales Klima. Oberflächentemperatur. Bodentemperatur. Abgeschlossene Meeresbecken. Temperaturen der mittleren Wasserschichten. Tiefseethermometer. Temperaturunterschiede. Kalte und warme Area. Bedeutung der Temperatur für die Fauna. Eurytherme und stenotherme Tiere. Tierreichtum der Polarmeere. Isokrymen. Lebende Tiefseetiere des Mittelmeeres.

Auf der Insel Gotland in der Ostsee liegt manchen Winter hindurch nur wenige Wochen lang Schnee, während die unter demselben Breitengrad liegenden Steppen Sibiriens monatelang unter einer dicken Schneedecke vergraben sind; auf der Insel Ceylon schwankt die Lufttemperatur im ganzen Jahre nur wenige Grade über oder unter 25 °C., während im Innern der gegenüberliegenden Halbinsel von Vorderindien die Sommerhitze auf 40° steigt und die Temperatur bis auf 15 °C. sinken kann; und allen Reisenden ist es wohl bekannt, dass unter sonst gleichen Umständen die Inseln eine gemässigtere und gleichbleibendere Temperatur haben als grosse kontinentale Ländermassen. Man spricht von insularem und kontinentalem Klima, um diese Gegensätze zu charakterisieren, und führt diese Erscheinung mit Recht darauf zurück, dass das Meer die klimatischen Gegensätze ausgleicht und die Extreme der Temperaturen vermindert.

Infolgedessen beobachtet man auch, dass die Oberflächentemperaturen der Ozeane viel geringeren Schwankungen unterworfen sind, als die Temperaturen der Luft.

Das Seewasser gefriert bei —3.6 ° C., und das ist daher auch die niedrigste Temperatur, welche man im Meerwasser der polaren Ozeane beobachtet hat. Die höchste beobachtete Oberflächentemperatur wurde mit + 32 ° C. in der Celebes-See gefunden. Im allgemeinen ist die Temperatur der obersten Wasserschicht direkt abhängig von der Temperatur der untersten Luftschicht und etwa 1 ° C. wärmer als die letztere. Allein nach der Jahreszeit und den herrschenden Winden ändert sich dieses Verhältnis im Nördlichen Atlantik in der Weise, dass im Frühjahr Luft und Meer gleich warm, im Sommer die See kühler, im Herbst aber wärmer als die unterste Luftschicht ist. In schmalen, nicht zu tiefen Meeresbuchten ändert sich die Temperatur des Oberflächenwassers oft sehr rasch. Wenn im Loch Strivan (Schottland) der Wind seewärts geht und das erwärmte Oberflächenwasser in das offene Meer hinaustreibt, so dringt das kalte Tiefenwasser so rasch herauf, dass nach wenigen Stunden die Temperatur um 10 ° kälter geworden ist.

Kaltes Wasser ist schwerer als warmes Wasser, infolgedessen sinken während der kälteren Jahreszeit die abgekühlten Wasserschichten in die Tiefe, und in einem abgeschlossenen Meeresbecken entspricht die Bodentemperatur des Wassers der Wintertemperatur des betreffenden Gebietes. Das Mittelmeer wird durch eine 1000 m tiefe Barriere bei Gibraltar von den Tiefen des Atlantik abge-

schlossen. Infolgedessen herrscht darin von 400—3500 m eine gleichmässige Temperatur von 13 °C. Diese unveränderliche Wasserschicht ist im westlichen Mittelmeere 2550 m, im östlichen Becken sogar 3100 m dick.

Dagegen findet man im Atlantik, dessen Wasser in offener Zirkulation stehen, sehr verschiedenartige Bodentemperaturen. Während die Bodentemperatur des Polarmeeres — 2° bis — 3 °C. beträgt, ist sie im Gebiet des Polarkreises 0° bis — 1.5 °C., in der gemässigten Zone + 1 bis + 2 °C. und nach dem Äquator zu tritt wieder eine Erniedrigung bis unter 0 °C. ein. Diese überraschende Wendung findet ihre Ursache darin, dass das kalte schwere Wasser des grossen Südpolarmeeres langsam nach dem Äquator zu vordringt und sich gegen das wärmere Wasser austauscht. Dabei werden die abyssischen Regionen der Tiefsee mit Nahrung und frischer Luft versorgt — ein für die Existenz einer Tiefseefauna hochwichtiger Vorgang.

Im Pazifik hat man folgende Bodentemperaturen beobachtet: Bei Kamtschatka + 1.3°, bei den Kurilen — 0.4°, zwischen Japan und Neuguinea + 1.8°, südlich vom Äquator + 0.8°, und im Südpazifik als Minimaltemperatur + 0.5°. Die Bodentemperaturen des Pazifik sind im allgemeinen niedriger als die in denselben Breiten und Tiefen des Atlantik, aber nirgends hat man dort so niedrige Wärmegrade gefunden als in den südlichen Teilen des Atlantischen Ozeans.

Die Bodentemperaturen des Indik wechseln von + 3.3° bis + 0.7 °C. Doch sind viele Gebiete desselben noch nicht genau genug erforscht.

Zwischen den Inseln des Sundaarchipels und den benachbarten Inselgruppen findet man eine Anzahl unterseeisch abgeschlossener Becken, welche sehr auffallende Temperaturen erkennen lassen. In der Chinasee herrscht von 1800 m bis 3600 m + 2.3°, in der Sulusee schon von 900 m ab bis zum 4500 m tiefen Grunde + 10.2° C. und benachbarte Seebecken haben ähnliche auffallende Temperaturen, welche sich aus der mangelnden Zirkulation und Verbindung mit dem offenen Ozean genügend erklären lassen.

Die Frage nach der Temperaturverteilung im Meere wird aber wesentlich komplizierter, wenn wir nicht die Oberflächen- und die Bodentemperatur für sich betrachten, sondern auch alle dazwischen liegenden Temperaturen der mittleren Wasserschichten mit berücksichtigen.

Oberflächentemperaturen zu messen ist ziemlich einfach, und auch die Bodentemperatur lässt sich mit Hilfe eines Minimalthermometers gut bestimmen; dagegen ist es schwer, gute Wärmebestimmungen in den mittleren Wasserschichten zu machen und nur die überaus sinnreich erdachten modernen Tiefseethermometer haben exakte Forschungen in dieser Richtung ermöglicht. Die von Negretti & Zambra konstruierten und von Murray verbesserten Apparate, welche allen Anforderungen entsprechen, sind folgendermassen gebaut:

Wie Fig. 17 S. 82 erkennen lässt, hat die Thermometerröhre bei *B* oberhalb des Quecksilbergefässes *A* eine Knickung. Wird das Thermometer rasch umgedreht, so dass das Quecksilbergefäss *A* nach oben kommt, so reisst der Quecksilberfaden bei *B* ab und fällt nach dem andern

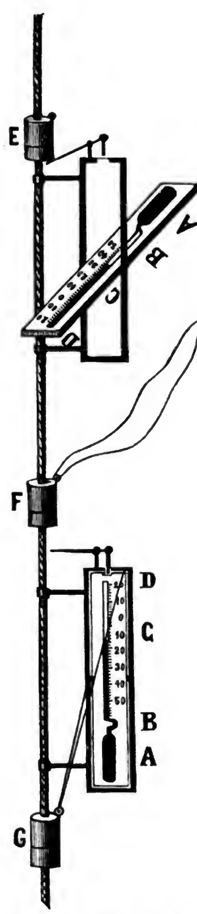


Fig. 17. Tiefseethermometer nach Murray.

Ende, nach *CD*. Solange der Quecksilberfaden im Zusammenhang mit dem Quecksilbergefäss war, konnte er bei Abkühlung wieder in das letztere aufgenommen werden, ist er aber abgerissen und isoliert, so kann er seine Länge nicht mehr wesentlich vergrössern.

Das Prinzip der Tiefseewärmemessung beruht nun darauf, dass man in Abständen von je 50 oder 100 m solche Thermometer an einem Tau befestigt. Nachdem dieselben eine Zeit lang in der Tiefe verweilt haben, lässt man ein ringförmiges Gewicht *E* vom Bord des Schiffes aus am Tau herabgleiten. Das auf den obersten Hebel auffallende Gewicht bringt das erste Thermometer zum Umklappen. Der Quecksilberfaden reisst an der Biegungsstelle und die Länge desselben fixiert die Höhe der in der betreffenden Wasserschicht herrschenden Temperatur. Ein zweites Gewicht *F* ist an diesem Thermometer so befestigt, dass es durch das Umklappen desselben frei wird und am Seil entlang bis zu dem folgenden zweiten Thermometer gleitet, um dieses zum Umklappen zu bringen.

So kann man in beliebigen Abständen eine grosse Zahl Klappthermometer an demselben Seil befestigen, und zu gleicher Zeit die Temperatur der verschiedenen mittleren Wasserschichten bestimmen.

Am geringsten sind natürlich die Unterschiede derselben in den Eismeeren. An der Westküste von Grön-

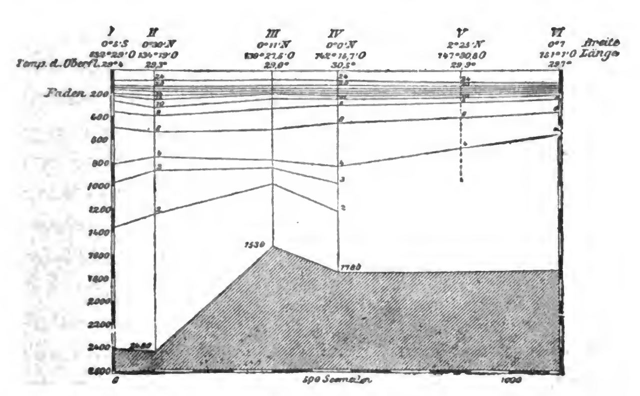


Fig. 18. Linien gleicher Temperatur im Pazifik nahe dem Äquator.

land fand man im August 1877 die Oberfläche des Meeres + 3 °C. warm; in einer Tiefe von 37 m herrschte 0 °C. und bei 3000 m Tiefe am Boden war — 1.5 °C., also eine Maximaldifferenz von 4.5 °C. Dagegen fand die „Gazelle" im äquatorialen Teil des Pazifik an der Oberfläche + 29 °C.; in 3000 m Tiefe aber 1.6 °C., also eine Differenz von 27.4 °C.

Solchen Verschiedenheiten entsprechend sind auch die Abstände, welche je einer Temperaturabnahme von 1 °C. entsprechen, von sehr wechselnder Grösse. Unter der Ober-

fläche folgen sich anfangs die Isothermen von je 1° in sehr kurzen Abständen. Wie umstehendes Schema Fig. 18 aus dem äquatorialen Pazifik zeigt, nimmt dort die Tiefe von 0 bis 200 Faden um 20° C. ab, also auf je 10 Faden um 1° C. Dann werden die Abstände grösser, so dass sie 150 und 300 Faden per Celsiusgrad betragen, bis endlich von 1350 bis 2400 Faden eine fast unveränderte Temperatur von 2° C. folgt.

Ausnahmsweise hat man sogar die sonderbare Erscheinung beobachtet, dass eine wärmere Wasserschicht zwischen zwei kälteren oder eine kältere zwischen zwei wärmeren eingelagert war. Aber keine Entdeckung auf dem Gebiete der marinen Biologie war von solcher Wichtigkeit wie die Forschungen von W. Thomson, B. Carpenter und Murray auf den Schiffen „Lightning" und „Procupine" nördlich der Schottischen Inseln.

Zwischen Schottland und Island zieht sich ein untermeerischer Bergzug hin, der „Wyville-Thomson-Rücken" genannt. Derselbe liegt 500 m tief und scheidet die nördlichen Tiefen des Eismeeres von den Tiefen des mittleren Atlantik. Die kalten schweren Gewässer des Polarmeeres stauen sich bei ihrer Wanderung nach dem Äquator, hier an dem submarinen Rücken und ihr abkühlender Einfluss setzt sich nicht über denselben nach Süden hin fort. Man hat dieses mit kaltem Polarwasser erfüllte Becken nördlich des Wyville-Thomson-Rückens die „Kalte Area" genannt. Ihre Bewohner sind Glieder der allgemeinen Polarfauna und zeigen keinerlei Unterschiede von dieser letzteren. Begiebt man sich aber über den Rücken hinweg nach Süden, so trifft man schon nach einer Ent-

fernung von 50 km in den südlichen Tiefgründen eine vollkommen andere Fauna. Die charakteristischen polaren Tiertypen fehlen, dagegen findet man solche Arten von Mollusken, Seesternen, Seeigeln, Krebsen und Würmern, die im Polarmeer nicht gefunden werden. Die Meerestiefe, der Druck der Wassersäule, der Salzgehalt des Wassers, die Bodenabsätze und die Beschaffenheit des Meeresgrundes ist dieselbe — nur die Temperatur ist eine andere, und während man nördlich des Wyville-Thomson-Rückens in der „Kalten Area" eine Wassertemperatur von — 0.6 ° C. mass, beobachtete man in derselben Tiefe in der „Warmen Area" + 6 bis 10 ° C.

Diese Thatsache bringt ein wichtiges Gesetz für die Verbreitung der marinen Tierwelt zum Ausdruck, dass nämlich: nicht die Tiefe, sondern die Temperatur des Seewassers massgebend ist für die Verbreitung der marinen Organismen.

Aber dieser Satz bedarf noch einer Ergänzung.

Wenn wir hören, dass die Bewohner des Tropenlandes ohne den Schutz von Kleidern jeder Witterung sich ungestraft aussetzen, so finden wir das natürlich und glauben, dass der einzige Grund hierfür in der Höhe der Lufttemperatur zu suchen ist. Wenn wir aber lesen, dass die Feuerländer bei einer Jahrestemperatur von 6 ° C. nur ein Fell um ihren Körper hängen, so scheint uns das rätselhaft, und doch ist es nicht so wunderbar. Das Klima des Feuerlandes ist zwar niedrig, allein es hat mit dem Tropenklima die Eigenschaft gemein, dass die Temperatur sehr geringen Schwankungen unterworfen ist. Wir Bewohner der gemässigten Zone müssen uns durch unsere

Kleider gegen tägliche Temperaturschwankungen von 20 und 30° C. schützen. Der Hindu, in dessen Lande das Thermometer nicht unter 28° C. sinkt, und selten über 36° C. steigt, und der Feuerländer, der in einem insularen gleichmässigen, nur von 0°—10° C. schwankenden Klima lebt, sie fühlen sich bei diesen geringen Temperaturschwankungen so wohl, dass sie der Kleider als Wärmeschutzes nicht bedürfen.

So sind auch für die Verbreitung der marinen Tiere und Pflanzen weniger die mittleren Jahrestemperaturen, als die Schwankungen der Temperatur von prinzipieller Wichtigkeit. Nur wenige Tiere sind im stande, grosse und rasche Temperaturunterschiede zu ertragen, man nennt sie eurytherm. Dagegen sind die meisten Meerestiere stenotherm, d. h. sie können nur bei geringen Schwankungen der Wassertemperatur gedeihen.

Indem wir zu Lande von der gemässigten Zone aus nach dem Polarkreise zu reisen, beobachten wir eine allmähliche Abnahme des Tier- und Pflanzenlebens; und die Tierarmut, der Pflanzenmangel der Polarländer bildet einen wirkungsvollen Gegensatz zu der Fülle tropischer Vegetation, zu dem Reichtum tropischen Tierlebens. Dieses für die Landorganismen wichtige Gesetz verliert aber seine Gültigkeit, wenn wir den Reichtum der Meeresfauna ins Auge fassen. In wenigen Tropenmeeren finden wir einen so staunenswerten Tierreichtum, besonders an Individuenzahl, wie in den Meeren des Polarkreises. Die ungeheuren Fischzüge, die das Meer füllenden Schwärme von Pteropoden und Krebsen sind Bewohner der kälteren Meere, und die grössten lebenden Tiere der Erde, die Wale, gedeihen

bekanntlich am besten im Eismeer. Es besteht geradezu ein Gegensatz zwischen der armen Landfauna und der überreichen marinen Tierwelt der kalten Zonen.

Suchen wir nach den Gründen dieser seltsamen, befremdenden Erscheinung, so erkennen wir leicht, dass die Temperatur des Eismeeres innerhalb sehr geringer Grenzen schwankt. Die sommerliche Sonne vermag das Wasser nur um wenige Grade zu erwärmen, und unter 2 °C. kann das Wasser nicht abgekühlt werden, ohne zu frieren.

So ist die zwar niedrige, aber gleichmässige Temperatur in den Polarmeeren der Entwicklung einer reichen Tierwelt überaus viel günstiger, als die in weiten Grenzen schwankenden Wärmeverhältnisse der Meere in gemässigten Zonen.

Man legt bei biologischen Betrachtungen oftmals die mittlere Jahrestemperatur eines Gebietes denselben zu Grunde, ohne zu bedenken, dass eine mittlere Jahrestemperatur von + 10 °C. sowohl dann resultiert, wenn das Klima zwischen + 25° und — 5 °C. schwankt, als wenn die Temperatur nur von + 8 bis + 12 °C. sich verändert. In dem ersteren Falle muss die Fauna und Flora Temperaturunterschiede von 30°, im letzteren Falle nur solche von 4° erdulden und man sieht leicht ein, dass dieser letztere Fall der Entwickelung einer reicheren Organismenwelt unvergleichlich viel günstiger ist. Deshalb ist für die Verbreitung der Riffkorallen und Korallenriffe nicht eine mittlere, sondern eine Minimaltemperatur von + 20 °C. bestimmend. Indem man alle diejenigen Punkte der Meeresoberfläche, deren Minimaltemperatur + 20 °C.

ist, mit einander verband, erhielt man eine „Linie gleicher Kälte“ oder eine Isokryme, und bei Besprechung der Korallenriffe werden wir auf die Isokrymen noch einmal zurückkommen.

Wir können jedoch diesen Abschnitt nicht schliessen, ohne einer Beobachtung des Fürsten Albert von Monaco zu gedenken, welche die Wichtigkeit der Temperatur für die Tierwelt des Meeres noch besser zu beleuchten geeignet ist.

Bekanntlich hat man vielfach die Beobachtung gemacht, dass Tiere der Tiefsee, nachdem sie heraufgezogen und an Bord des Schiffes gebracht worden waren, trotz aller Vorsicht rasch starben. Man hat diese Erscheinung damit in Verbindung gebracht, dass die rasche Druckveränderung diesen plötzlichen Tod verursacht habe, und bei Besprechung der Tiefsee werden wir zu zeigen haben, dass diese Annahme für gewisse Tierklassen wohl zutreffend sein möchte. Allein die Untersuchungen des Fürsten zeigten, dass die Tiefseetiere des Mittelmeeres heraufgezogen noch mehrere Tage ruhig weiterlebten, ohne dass ihnen der verminderte Wasserdruck nachteilig zu sein schien. Die Tiefen des Atlantik und des Pazifik sind 0° C., die gleichen Tiefen des Mittelmeeres aber 13° C. warm. Es scheint also, dass viele der aus den Tiefen des Atlantik oder Pazifik gefischten Tiefseetiere nur deshalb so rasch sterben, weil sie in kurzer Zeit Temperaturdifferenzen von 20 und 30° C. auszuhalten haben, während die Tiefseetiere des Mittelmeeres im Oberflächenwasser nur 5—8° C. höhere Wärme finden und daher ruhig weiter leben können.

---

9. Treibeis und Eisberge.

Eisblink. Treibeis. Frieren des Seewassers. Eisschollen. Packeis. Fehlen der Strandfauna. Gletscher. Inlandeis. Bildung der Eisberge. Der Muirgletscher. Erratisches Material. Inlandeis der Eiszeit.

Kühn steuert das norwegische Segelboot bei Beginn des sommerlichen Polartages hinein in die Fluten des Eismeeres, um die grossen Säugetiere des Meeres, die Wale, Walrosse und Robben, zu erlegen. Wenige Tage nur hat es sich von der heimatlichen Küste entfernt, da dämmert im Nordwesten ein seltsam glänzender Lichtschein am Horizont auf, und freudig begrüsst der Seemann den „Eisblink“, jenen blendenden Widerschein der gewaltigen polaren Eisdecke am bewölkten Himmel.

Schon treiben die ersten grünlichen Treibeisschollen an dem Schifflein vorbei, am fernen Horizont taucht der blaue Umriss eines Eisberges auf, und bald kreuzt das Schiff, in geschicktem Kurs nach rechts und links ausbiegend, durch das eiserfüllte Meer.

Meeresströmungen schleppen die Eisstücke weit herab nach Süden, die kleineren Treibeisschollen zerschmelzen rasch, und nur die grossen Eisberge setzen langsam ihren Weg fort, bis auch sie endlich von den Strahlen der

Sonne und den wärmeren Fluten eines südlichen Meeres geschmolzen werden.

Kaum ein Passagierdampfer mag auf seiner Fahrt von Europa nach New York die Neufundlandsbänke kreuzen, ohne einem Eisbergrest zu begegnen; und wenn dichter gefährlicher Nebel über dem Meere lagert und unermüdlich das Nebelhorn durch die feuchte schwere Luft hindurchgellt, dann lugen Offiziere und Passagiere ängstlich auf die verschleierte Fläche hinaus, ob sich nicht plötzlich ein Eisberg verderbenbringend dem Dampfer in den Weg lege.

Treibeis und Eisberge sind aber nicht nur ihrer Grösse nach verschieden, sondern sie haben eine grundverschiedene Entstehung und unsere Aufgabe soll es sein, derselben nachzugehen.

Wenn unbewegtes Seewasser unter — 3.1 °C., bewegtes Wasser unter — 2.5 °C. abgekühlt wird, so gefriert es. Im Moment des Gefrierens scheidet sich das Salz aus, und das eben gefrierende Seewasser besteht aus einem dickflüssigen Eisbrei, vermischt mit der ausgeschiedenen Salzsole.

Die Temperatur sinkt noch mehr, die einzelnen Eiskrystalle frieren zu einer schwammigen Eisdecke zusammen, in deren Blasen die Salzsole enthalten ist. Indem die Eisdecke dicker wird, setzen sich neue Schichten von Eiskrystallen nach unten an dieselbe an, während sich der Salzgehalt der obersten Wasserschichten allmählich vergrössert.

Im Laufe eines Winters kann sich so eine Eisdecke von 1—2.5 m bilden.

Das Frühjahr kommt und mit der erhöhten Temperatur stellen sich heftige Stürme ein. Das weit ausgedehnte



Fig. 19. Treibeis und Eisberge im Behringsmeer.

schneebedeckte Eisfeld wird zerbrochen, wild branden die Wogen und zerkleinern die Eisschollen.

Strömungen und Winde tragen die Schollen ins Meer hinaus, wo sie als Treibeis dem Schiff begegnen (s. Fig. 19). Das an der Küste bleibende Eis friert bei Beginn des nächsten Winters wieder zusammen. Hoch sind die Eisbänke am Ufer aufgetürmt und nach unten vergrössert sich unaufhaltsam ihre Dicke. Auf diese Weise bildet sich das „Packeis“ der Polarreisenden, welches einen oft undurchdringlichen Gürtel um die Länder des Eismeeres bildet.

So ändert sich unaufhaltsam jahraus jahrein die Oberfläche, die Dicke und die Ausdehnung der Eisfelder; und wenn nicht jeden Sommer grosse Massen von Treibeis auf den Wogen des Meeres nach südlichen Regionen verfrachtet würden um dort zu schmelzen, so müsste die Eisdecke des Polarmeeres in steter Vergrösserung begriffen sein.

Im Smithsund wurde ein altes Eisfeld beobachtet von etwa 50 m Dicke, 10 km Länge und 6 km Breite. Im antarktischen Gebiet ist die Entwicklung der Treibeisfelder geringer als auf der nördlichen Halbkugel.

Eine der augenfälligsten Folgen der Treibeisbildung ist der Mangel einer eigentlichen Strandfauna und -Flora an den Küsten. Während in den Meeren der gemässigten Zone und besonders in denen der Tropenländer die Strandlinie markiert wird durch eine ungemein reiche Welt festsitzender und wenig beweglicher Organismen, fehlen diese der Elementengrenze des Eismeeres, denn die Bildung dicker Eisdecken am Strande, das Scheuern und Schleifen der sturmgepeitschten Eisstücke tötet alles Leben.

Während wir in den Schollen des Treibeises, in den Feldern des Packeises gefrorenes Meerwasser zu erblicken haben, müssen wir den Ursprung der Eisberge in einer ganz andern Quelle suchen.

Der Schnee, welcher während des Winters in Deutschland fällt, wird während des Frühlings geschmolzen. An den höheren Gehängen des Alpengebirges dagegen bleibt der winterliche Schnee auch im Sommer liegen und da dort während des Jahres mehr Schnee fällt, als die Sonne zu schmelzen vermag, so bleibt von jedem Jahr ein ungeschmolzener Rest Winterschnee übrig, der sich allmählich zu gewaltigen Massen anhäuft. Der Druck der auf einander lastenden Schneemassen bewirkt ein Zusammenpressen derselben und verwandelt den weissen körnigen Schnee nach und nach in kompaktes blaues Eis, welches unter dem Schneefeld als Gletscherstrom herausfliesst und als Gletscher langsam thalabwärts wandernd, endlich in solche Tiefen gelangt, wo die abschmelzende Kraft der Sonne seinem Weitervorrücken ein Ende setzt.

Im Innern von Grönland und anderen Polarländern schneit es das ganze Jahr, und die fallenden Schneemassen, die sich allmählich zu Eis verdichten, verhüllen die ganze Oberfläche der arktischen Festländer. Im Gegensatz zu den schmalen und kleinen Gletschern der Hochgebirge nennt man diese gewaltigen Eisdecken „Inlandeis" oder „Binneneis", und der kühne Zug Nansens hat gezeigt, dass Grönland eine 3000 m hohe Eisdecke trägt. Nach allen Seiten gleitet das Inlandeis zum Rande des Landes hinab und erreicht endlich als Polargletscherzunge das Meer.



Fig. 20. Der Muirgletscher in Aljaska.

Während das Innere von Grönland nirgends eine Felsspitze aus dem Binneneis hervortauchen lässt, sieht man durch die dünnere Eisdecke der Westküste einzelne Felsenklippen aus dem Eise hervorragen, die sogen. Nunatacker.

Das Eis alpiner Gletscher fliesst mit einer Geschwindigkeit von 0.1—0.4 m pro Tag thalabwärts, dagegen hat

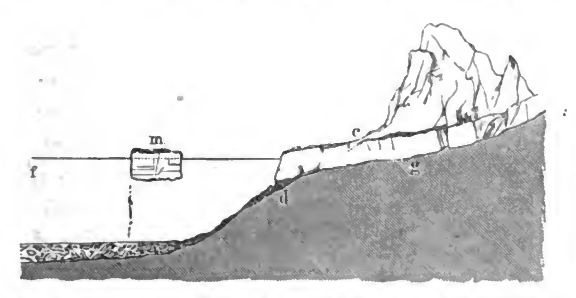


Fig. 21. Bildung eines Eisberges. *c* Gletscherzunge. *d* Grundmoräne. *m* Eisberg. *fg* Meeresspiegel.

man an grönländischen Gletschern Geschwindigkeiten von 22 m in einem Tage gemessen.

Diese mächtigen Gletscher fliessen also mit so grosser Schnelligkeit in das Meer hinein, dass schon nach zehn Tagen ein 220 m langes Eisstück frei ins Meerwasser hineinragt (Fig. 21). Das Eis ist viel leichter als Salzwasser, infolgedessen ist der Auftrieb dieser Gletscherzunge ein so grosser, dass dieselbe endlich abbricht und als isoliertes Stück in das Meer hineintreibt; der Gletscher „kalbt", ein Eisberg ist entstanden. So lösen sich grosse und kleine Stücke von Gletschern ab und eine Schilderung von Loomis vom Muirgletscher in Aljaska, welchen Fig. 20 wiedergiebt, lehrt uns die Mannigfaltigkeit der Eisbergbildung kennen:

„Eisblöcke von enormer Grösse fallen vom Stirnrand des Gletschers in Zwischenpausen von fünf Minuten oder über einer Stunde in die Tiefe. An einem Tage brachen 129 einzelne Stücke vom Gletscherrande ab. Bisweilen bricht ein fallender Block in tausend Stücke, und diese ergiessen sich wie ein Wasserfall ins Meer, das kochend aufschäumt; dann bricht wieder ein Eisberg unzerstückelt ab, sinkt in aufrechter Stellung in das Wasser und erzeugt einen donnernden Lärm. Elegant steigt er wieder aus dem Wasser empor, bisweilen 80 m hoch, und von seinen Wänden rinnen Wasserbäche herab; dann neigt er sich zur Seite und stürzt abermals mit Krachen und Donnern ins Wasser, das wie ein Schwarm platzender Raketen nach allen Seiten schäumend auseinanderspritzt. Während der Eisberg in dem schollenbedeckten Meere wie ein fabelhaftes Ungeheuer auf- und niedertaucht, hallen rings die Felsen vom donnernden Geräusch des Falles wider."

Der Eisberg taucht zu einem Siebentel seiner Masse aus dem Wasser hervor, ein Eisberg von 70 m Höhe ist also in Wirklichkeit ein Eisblock von 500 m Dicke.

Zugleich mit dem Scholleneis des Meeres werden die Eisberge durch Strömungen dem offenen Ozean zugetrieben und die Grenze, bis zu welcher Eisberge regelmässig gelangen, nennt man die Treibeisgrenze.

Oftmals tragen die Gletscher des Binneneises Sand und Steine eingefroren im Eis dem Meere zu (Fig. 21) und in einigen Fällen hat man auch auf offener See noch Sand und Blöcke auf treibenden Eisbergen beobachtet. Da viele Eisberge an den Neufundlandbänken schmelzen, so hat man geradezu die Bildung dieser fischreichen

Untiefe auf den von schmelzenden Eisbergen dort abgesetzten Schutt zurückgeführt. Allein eine sorgfältige Untersuchung der Gesteine dieser Bänke hat ergeben, dass dieselben nicht von Grönland stammen, sondern durch die Zerstörung anstehender Felsklippen gebildet worden sind.

Die durch Eisberge verfrachteten sogen. „Driftblöcke‘, haben lange Zeit in der Geologie eine grosse Rolle gespielt, indem man, wie Scheffels launiges Gedicht erzählt, die Entstehung der erratischen Blöcke, welche die norddeutsche Tiefebene bedecken, auf schwimmende Eisschollen zurückführte. Von skandinavischen Gletschern sollten die Eisberge abgebrochen sein, um, über ein ganz Norddeutschland überflutendes Meer herübergetragen, mit ihren Blöcken endlich in Sachsen zu landen.

Sorgfältige Untersuchungen haben jedoch die Unrichtigkeit jener Hypothese dargethan, und wenn es auch immerhin möglich ist, dass manche Blöcke durch Eisberge transportiert worden sind, so ist doch die grössere Masse des erratischen Gesteinsmaterials durch grosse Gletscher oder vielmehr durch eine Binneneisdecke, welche von Skandinavien bis nach Norddeutschland reichte, und die Ostsee überbrückte, herübergetragen worden.

Und wenn so die alte Hypothese von dem auf einem Eisberg gedrifteten erratischen Block ihrer wissenschaftlichen Begründung entbehrt, so ist doch das Phänomen der Eisbergbildung eine Erscheinung, welche unser Interesse erregen darf und welche uns zeigt, wie mannigfaltig die Beziehungen zwischen Meer und Festland genannt werden müssen.

---

10. Die Farbe des Meeres.

Absorption der Spektralfarben. Reflektiertes Licht. Durchscheinende Untiefen. Änderung der Farbe im Atlantik. Das Gelbe Meer. Färbende Organismen. Kontrastfärbung.

Purpurn nannten die Griechen das Meer, und wir Modernen mit unserer reich entwickelten Farbenskala wenden hundert verschiedene Worte an, um jenes berückende Farbenspiel zu schildern, das unsern Blick an das Meer immer und immer wieder fesselt. Von den düsteren Wogen Achenbachs bis zu dem farbensatten leuchtenden Wellenspiel Böcklins wird jedes Künstlerauge die Farbenpracht der Wellen in einem neuen Lichte sehen; und wem es vergönnt ist an den stürmischen Gestaden nordischer Meere oder an den malerischen Ufern eines südlichen Ozeans zu weilen, und vom frühen Morgenschein bis zu den nächtlichen Schatten des Abends dem Spiel der Wellen zuzuschauen und sich in die Schönheiten ihres Farbenwechsels zu versenken, der wird doch täglich neue Wunder entdecken.

Dem Prisma gleich, welches das weisse Sonnenlicht in seine sieben Farben zerlegt, wirkt auch das Wasser trennend auf die verschiedenen Farben ein und lässt die einen unverändert hindurch, während es andere absorbiert.

Lässt man Tageslicht durch eine Wassersäule von 180 cm Länge hindurchtreten, so wird dasselbe folgendermassen beeinflusst:

Farbe		Durchgelassene Prozente
Rot . . .	ungefähr: . . .	50 %
Orange . .	„ . . .	60 %
Gelb . . .	„ . . .	80 %
Grün . .	„ . . .	90 %
Indigo . .	„ . . .	95 %

Es werden also schon in zwei Meter Tiefe die Hälfte aller roten Strahlen ausgelöscht, und ein Drittel aller orangegelben Strahlen; mit anderen Worten, das weisse Tageslicht ist in zwei Meter Tiefe schon vorherrschend grün und blau geworden.

Das Wasser löscht zwar, so lange die Tiefe nicht sehr gross wird, keine Farbe ganz aus, allein es ändert sehr rasch die Qualität des eindringenden Lichtes in der Weise, dass die grünen und blauen Farben überwiegen, während nur geringe Mengen weisses Licht noch vorhanden sind. In 100 m Tiefe erlöschen die letzten weissen Lichtstrahlen und das Wasser erhält nur noch sehr lichtschwache blaue Strahlen.

Das ruhige Meer reflektiert fast unverändert die meisten Lichtstrahlen, die es empfängt, und wenn wir bei Sonnenuntergang den Purpurglanz des westlichen Himmels sich spiegeln sehen im glatten Meer, dann scheint es wie Feuer zu glühen und wie flüssiges Gold wogt es langsam auf und nieder. Wenn aber graue Gewitterwolken sich drohend auftürmen, wenn der ganze Himmel mit Neutral-

tinte gemalt zu sein scheint und grelle Blitze aus unheimlichen Wolkenmassen hervorleuchten, dann kleidet sich auch Poseidon in das dunkle Gewand des Donnergottes; mit schwarzgrünen Wogen erregt er das Meer, und weissen Möwen gleich flattern darauf die blinkenden Wellenkämme, welche die sich überstürzende Woge nur um so dunkler erscheinen lassen.

Je bewegter das Meer ist, je weniger Lichtstrahlen vom Wasserspiegel reflektiert werden, je mehr Lichtstrahlen in die aufsteigenden Wellen hineindringen, um gefärbt aus dem Wasser hervor in unser Auge zu gelangen, desto dunkler erscheint uns der Ozean.

Salzhaltiges Wasser erscheint blau, deshalb ist das Meer an den italienischen Küsten oder im Roten Meer so intensiv blau gefärbt; eine Eigenschaft, die man an den Küsten des salzärmeren Indischen Ozeans vergeblich sucht.

Helle Stellen des Meeresgrundes, welche stets etwas gelbes Licht haben, schimmern grün durch das blaue Wasser hervor. Blickt man von einem Hügel am Ufer der Sinaihalbinsel auf die dunkelblaue Wasserfläche, so sieht man ein auffallend maigrünes Band, von wechselnder Breite, der Küste parallel verlaufen. Hier ist es kontinuierlich, dort löst es sich in einzelne grüne Flecke auf und oft säumt ein Kranz blendend weisser Brandungswellen die grünen Gebiete. Es sind Korallenriffe, deren weisse Sandflächen und grüne Korallenkolonien so scharf abgezeichnet hervortreten.

Eine wichtige Rolle in der Färbung des Meeres spielen Schlammteilchen, welche durch Flüsse hineingeschwemmt

oder bei Sturm durch die Brandung aufgewühlt worden sind. Die seichten Flächen der Kontinentalstufe und die Küstenregionen sind besonders durch solches missfarbiges Wasser ausgezeichnet. Auf der Fahrt von Bremen nach Amerika treten wir aus den trüben Gewässern der Wesermündung in den Kanal hinein, dessen Wasser nur bei ganz ruhigem Wetter unser Auge erfreuen kann, und weit jenseits der englischen Küste begleitet uns noch das grünlich verfärbte Wasser eines flachen Meeresgrundes.

Dann fahren wir hinaus in die Regionen des tieferen Ozeanbeckens und bald zeigt uns das Thermometer, dass wir uns in einem Arm des Golfstromes befinden. Wie leuchtet das blaue, krystallhelle Wasser, wie klar, wie deutlich sehen wir die durchsichtigen Medusen und Salpen, und wie erfreuen unser Auge die goldenen Sträusschen des Golfkrautes. Doch nach wenigen Tagen kommen wir in das Gebiet der Neufundlandbänke, und alle Pracht ist verschwunden; kalt bläst uns der Nebelwind ins Antlitz und kalt erscheint die nüchterne Farbe des Wassers.

Noch einmal wandelt sich die Wasserfarbe, indem wir uns der Neuen Welt nähern, aber wieder sind es die schlammigen Fluten des Küstenwassers, die uns zwar baldige Landung verheissen, aber unser Auge nicht zu erfreuen vermögen.

Das Gelbe Meer hat seinen Namen von den Lehmfluten, welche der Hoang-Ho aus den Lössgebieten Chinas heransträgt. Das Meer an der Mündung des Congo oder des Amazonas ist rotbraun von dem rötlichen Lateritschlamm, welchen diese Flüsse des Tropenlandes dem Meere zuführen.

Ganz ähnlich farbeverändernd wirken kleine schwimmende Organismen. Am Roten Meer beobachtet man bisweilen weite Strecken, welche ganz von den mikroskopischen Flocken einer roten Alge (s. Fig. 39) erfüllt erscheinen, und die Annahme ist naheliegend, dass der Name jenes Meeres damit zusammenhängt. An den Küsten Schottlands sehen wir das Wasser so weit dunkelgrün verfärbt, als man mikroskopische Algen (Diatomeen) schwebend darin findet (s. Fig. 34). Der gelbe Farbstoff dieser Algen bewirkt die grüne Färbung des Meerwassers.

So giebt es eine wunderbare Fülle verschiedenartiger Ursachen, welche die Farbe des Meeres beeinflussen, und wenn man bedenkt, wie Sonnenlicht, Bewölkung, Wassertiefe, Wasserbewegung, Salzgehalt, trübende Schlammteilchen, schwimmende Organismen in einer geradezu staunenswerten Mannigfaltigkeit zusammentreffen, da darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn die Farbe des Meeres uns täglich anders erscheint; wenn, rein objektiv genommen, die Farbe täglich anders ist. Denn auch subjektive Gründe spielen eine Rolle in der Färbung des Meeres, und der psychologische Kontrast von Wasser und Land, von Vegetation oder Felsenfarbe darf nicht unbeachtet bleiben.

Wie schön erscheint uns das Wasser des Kurischen Haffs, wenn wir auf der Fahrt nach Memel an dem 60 m hohen gelben Sandgebirge der Nehrung entlang fahren, wie wirkungsvoll heben sich die kleinen Kiefernwälder von dem rötlichgelben Hintergrunde ab und wie verklärt der leuchtende Dünenwall das trübe Wasser des Haffs.

Bei Abu Senime am Roten Meer treten vegetationslose blendendweisse Kreidefelsen hart an die Salzflut heran. Eine glühende Wüstensonne brennt auf die steilen Kreidewände herab und strahlt solche Lichtmengen zurück, dass das danebenwogende Meer schwarzblau erscheint und jedes naturwahre Bild dieses fabelhaften Farbenkontrastes dem Beschauer unnatürlich erscheinen muss.

Und so wird das Meer uns immer neue Schönheiten bieten, immer wieder werden wir uns erfreuen an der Mannigfaltigkeit der Farbe, dem Wechsel der Beleuchtung, und für alle kommenden Zeiten wird kein Sterblicher die Fülle der Erscheinungen erschöpfen können.

---

11. Der Salzgehalt.

Bestandteile des Seewassers. Seltene Elemente. Konstantes Verhältnis der Bestandteile. Aräometer. Salzgehalt der dänischen Strassen und der Ostsee. Dichter Unterstrom. Das Rote Meer. Mittelmeer. Kalk und Gips. Einfluss auf Tiere. Kohlensäuregehalt. Sauerstoff des Seewassers. Abnahme nach der Tiefe.

Im Seewasser sind eine grosse Anzahl chemischer Stoffe gelöst enthalten, unter denen Kochsalz (Chlornatrium) den ersten Rang einnimmt; dieser chemische Gehalt bedingt den salzigen Geschmack des Seewassers.

Um Seewasser aus grossen Tiefen heraufzuholen, hat man Messinggefässe konstruiert, welche sich in einer bestimmten Tiefe öffnen. Dagegen benutzt man in geingeren Tiefen die „Kieler Schöpfflasche“. Dieselbe besteht aus einer Glasflasche, welche an der Lotleine oberhalb des Gewichtes befestigt ist (s. Fig. 22). Man verschliesst sie locker mit einem Pfropfen, der durch eine Schleife mit der Lotleine verbunden ist, und lässt sie in die gewünschte Tiefe hinab. Dann ruckt man rasch an der Leine, der Pfropfen fliegt heraus und die Flasche füllt sich sofort.

Obwohl man viele hunderte von Seewasseranalysen gemacht hat, so ist die chemische Gruppierung der Be-



Fig. 22. Schöpfflasche für Seewasserproben.

standteile doch bisher noch unvollkommen aufgeklärt. Man weiss zwar sehr genau, welche Stoffe im Wasser enthalten sind, und in welchen Mengen sie vorkommen, allein noch immer ist das Problem ungelöst, die Konstitution der Salze im Meere zu ergründen.

Man hat bisher etwa 32 Elemente im Meere direkt oder indirekt nachweisen können, unter denen das Chlor wohl eine der ersten Stellen einnimmt.

Man nimmt an, dass die wichtigsten Bestandteile sich folgendermassen verbunden im Wasser des Ozeans finden:

In 1000 Teilen Seewasser sind enthalten:

Kochsalz (Chlornatrium) .	26.8	Teile	oder	78.3 %
Chlormagnesium . . .	3.2	„	„	9.4 %
Bittersalz (Magnesiumsulfat)	2.2	„	„	6.4 %
Gips (Kalksulfat) . . .	1.3	„	„	3.9 %
Chlorkalium	0.5	„	„	1.6 %

des ganzen Salzgehaltes.

Von anderen Elementen hat man geringe Spuren von Arsenik, Lithium, Cäsium, Rubidium, Gold mit Hilfe der Spektralanalyse nachgewiesen,

Jod, Bor, Fluor, Silicium, Silber, Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan, Barium, Kalium in den Skeletten von Meeresorganismen gefunden,

Brom, Calcium, Aluminium, Strontium im Kesselstein von Ozeandampfern entdeckt.

Der Kupferbeschlag von Schiffen, welche längere Seereisen gemacht haben, enthält Silber. Brom und Jod kommen in den Seetangen in solchen Mengen vor, dass man beide Elemente aus deren Asche leicht herstellen kann.

Während der Salzgehalt des Meeres, wie wir noch zu zeigen haben, sehr grossen Schwankungen unterworfen ist, haben Analysen aus allen Teilen der Ozeane die seltsame Thatsache ergeben, dass das Verhältnis der Hauptbestandteile im Seewasser überall dasselbe ist. Mag der Salzgehalt ein oder vier Prozent betragen, immer wird man in dem Gesamtgehalt an chemischen Stoffen die gleichen Prozente von Chlor oder Magnesium nachweisen können. Wenn man bedenkt, wie sehr durch einfliessende Ströme die Zufuhr chemischer Stoffe verändert wird, so erscheint diese Thatsache besonders bemerkenswert und lässt der Vermutung Raum, dass bestimmte chemische Gesetze die Gruppierung der Salzbestandteile beherrschen und dass die Salze des Seewassers als Chlorverbindung höherer Ordnung betrachtet werden können.

Um den Salzgehalt des Seewassers zu bestimmen, kann man dasselbe eindampfen und den Verdampfungsrückstand wiegen, einfacher aber kann man diese Bestimmung ausführen, wenn man mit Hilfe des Aräometers die Dichte des Wassers bestimmt. Je salzhaltiger das Wasser ist, desto grösser ist sein spezifisches Gewicht und durch eine einfache Rechnung kann man einen Wert aus dem andern herleiten.

Die grossen Ozeane haben einen durchschnittlichen Salzgehalt von 3.5%. Nach der Küste zu verringert sich dieser Wert wegen der dort mündenden Flüsse, nach

den zentralen Gebieten steigert er sich wegen der überwiegenden Verdunstung.

Geht man von der Nordsee mit ihren 3.5 % durch die dänischen Meerstrassen nach der Ostsee hinein, so findet man im Skagerack 3 %, im nördlichen Kattegat 2 %, im südlichen Kattegat 1.75 %, im Grossen Belt 1.27 % und im Sund bei Helsingör nur 0.92 %. Im Bottnischen Busen findet man 0.77 %, im Finnischen Busen 0.35 %, und die niedrigste Dichte mit 0.26 % hat man bei Niederkalix beobachtet.

Wenn wir bedenken, dass eine grosse Anzahl bedeutender Flüsse in die Ostsee hineinströmen, so sehen wir in diesen Dichteverhältnissen ein Abbild der nach der Nordsee ausströmenden Süsswassermasse.

Süsswasser ist leichter als Salzwasser und schwimmt auf diesem. Beobachten wir also in der Ostsee nicht, wie oben angegeben, die Dichte des Oberflächenwassers, sondern diejenige der tieferen Wasserschichten, so finden wir nach dem Boden zu eine auffallende Dichtezunahme. Im Grossen Belt, wo wir an der Oberfläche 1 % Salz beobachteten, findet man in 20 m Tiefe bis zu dem 66 m tiefen Grunde eine Dichte von 3.02 % und deutlich kann man verfolgen, dass unter dem aus der Ostsee ausströmenden leichten Süsswasserstrom ein salzreicher schwerer Unterstrom von der Nordsee hereindringt, dessen Verbreitung bis nach der Lübecker Bucht mit 2 % Salzgehalt deutlich nachzuweisen ist.

Die entgegengesetzte Erscheinung bietet uns das Rote Meer. Hier sehen wir eine lange schmale Bucht, in welche nur ein einziger kleiner dauernder Fluss hinein-

strömt. Vegetationslose Wüsten bilden die Küstenländer, keine Wolke mildert die brennende Glut der südlichen Sonne. Mit Schrecken sieht der aus dem Norden kommende Reisende der Durchfahrt durch das Rote Meer entgegen. Träge und unbeweglich ruht die Meeresfläche, kein Windhauch kräuselt ihren Spiegel, kein Lüftchen kühlt uns die heisse Stirn. Matt und energielos schaut man hinaus auf das Meer, und trotz Sonnenzelt und Punkha findet man keine Erfrischung. Selbst des Nachts liegen wir in Schweiss gebadet auf Deck und sehnen uns nach dem erfrischenden Monsumwind des Indischen Ozeans. Wie jubelt unser Herz, wenn wir das strauchlose Eiland Perim passiert haben, durch Bab el Mandeb hinausfahren, um endlich bei Aden in den offenen kühlen Ozean hineinzukommen.

Jährlich verdunstet im Roten Meer eine Wasserschicht von 7 m Dicke, und trotz einer Zirkulationsströmung durch die Strasse von Perim ist der Salzgehalt des Roten Meeres bis über 4 %.

Auch das Mittelmeer ist durch einen hohen Salzgehalt von 3.5 bis 3.9 % ausgezeichnet, obwohl durch die Dardanellen ein stark ausgesüsster Wasserstrom hineindringt und grosse Flüsse wie Rhone, Po, Nil direkt hineinmünden. Allein die Verdunstung ist längs der nordafrikanischen und syrischen Küste eine so starke, dass der Überschuss an Süsswasser rasch aufgehoben wird. Da der Salzgehalt des Mittelmeeres grösser ist als der des Atlantik, so dringt ein beständiger Oberflächenstrom durch die Meerenge von Gibraltar nach dem Mittelmeer herein.

Eine grosse Zahl von Tieren lebt stets schwimmend in den obersten Wasserschichten, dazwischen findet man eine Fülle von Larven aller möglichen Tiere, welche nur in ihrer Jugend frei schwimmen, später aber am Boden festsitzen oder umherkriechen. Infolgedessen werden durch diese Strömung jahraus jahrein Tierlarven in das Mittelmeer herein, aber nur wenige ausgewachsene Tiere durch den Unterstrom wieder hinausgeführt. So gleicht das Mittelmeer einer Mausefalle; und der grosse Tierreichtum desselben findet in jener Strömung seine wohlbegründete Erklärung.

Aus der grossen Zahl von Problemen, welche mit dem Salzgehalt des Seewassers verknüpft sind, können wir nur einige herausgreifen, um die Wichtigkeit der Erscheinungen in das rechte Licht zu setzen.

Im Seewasser finden sich grosse Mengen von Gips (1.5 %) gelöst, dagegen nur ganz geringe Spuren von Kalk (0.06 %) trotzdem dass die Flüsse dem Meer grosse Mengen von Kalk und sehr wenig Gips zuführen. Durch die Thätigkeit kalkabscheidender Tiere und Pflanzen werden ganze Berge von Kalk gebildet und dem Seewasser entzogen, während nur an wenigen Stellen der Küste durch Eindampfen von Seewasser Gipslager ausgeschieden werden. Untersucht man den Salzgehalt des Seewassers an der Mündung eines Flusses, so ist dort keineswegs der Kalkgehalt grösser, und so scheint es, dass der durch Flüsse eingeführte Kalk im Meere den seltsamsten Wandlungen unterworfen ist, vielleicht zu Gips umgewandelt wird, bis ihn die Organismen als Kalk wieder ausscheiden.

Der Salzgehalt des Seewassers ist von direktem Einfluss auf das Leben der marinen Tiere und Pflanzen. Gerade so wie es wenige Tiere giebt, welche ohne Schaden grosse und rasche Temperaturwechsel ertragen können, sind es auch nur wenige Tiere, denen ein veränderter Salzgehalt nicht nachteilig ist. Die bekanntesten Beispiele hierfür bieten die Fische, welche vielfach regelmässige Wanderungen von der See nach dem Oberlauf der Flüsse unternehmen, um dort zu laichen.

Lachs, Aal, Scholle und Stichling können eben so gut im süssen wie im salzigen Wasser gedeihen. Gewisse Austern leben in halbsüssem, Krokodile in halbsalzigem Wasser, und eine ganze Zahl niederer Tiere, Krebse, Würmer und Schnecken, haben sich so an den Aufenthalt im Brackwasser gewöhnt, dass sie ohne Schaden höhere und geringere Prozente des Salzgehaltes vertragen.

Manche Muscheln und Schnecken können durch allmähliches Umtauschen an den Aufenthalt im Süss- resp. Salzwasser gewöhnt werden, während sie einem raschen Wechsel des Salzgehaltes sofort unterliegen, viele derselben werden aber dabei schwächlich, bilden dünnere, kleinere Schalen und erreichen nicht mehr ihre normale Wachstumsgrösse, wie man an den Ostseearten leicht beobachten kann.

Zum Salzgehalt des Meeres können wir mit einem gewissen Recht auch den Luftgehalt rechnen, dessen biologische Bedeutung eine besonders wichtige ist.

Wenn man mit dem Dampfer auf der Elbe nach Helgoland oder aus der Weser nach der Nordsee hinausfährt und das Geräusch der Schiffsschraube im Wasser

sorgfältig beobachtet, so wird man finden, dass das plätschernde Geräusch beim Eintritt in die See begleitet wird von einem prickelnden Ton, wie ihn schäumende, kohlensäurehaltige Getränke beobachten lassen. Unntersucht man den Luftgehalt des Seewassers chemisch, so ist die darin enthaltene grosse Menge von Kohlensäure bemerkenswert und jenes Geräusch findet darin seine Erklärung. Im Nordseewasser sind 5 % Kohlensäure enthalten. Inwiefern diese Kohlensäure frei oder chemisch gebunden im Wasser enthalten ist, das ist eine noch nicht vollständig aufgeklärte Frage. In wärmeren Meeren ist der Kohlensäuregehalt geringer als in kälteren Gebieten, dagegen findet nach der Tiefe zu keine Zunahme der Kohlensäure statt.

Während die Kohlensäure im Meerwasser für die Pflanzenwelt des Ozeans eine hohe physiologische Bedeutung besitzt, ist der Sauerstoffgehalt von ähnlicher Wichtigkeit für die marine Fauna. Wenn man durch Schütteln von Seewasser Luft in demselben löst, so ergiebt sich die bemerkenswerte Thatsache, dass dasselbe mehr Sauerstoff und weniger Stickstoff zu absorbieren vermag, als das Verhältnis dieser beiden Gase in der atmosphärischen Luft beträgt.

Die Luft enthält 21 % Sauerstoff und 79 % Stickstoff, im Seewasser aber fand man 35 % Sauerstoff und 65 % Stickstoff. Zugleich beobachtete man, dass mit zunehmender Temperatur auch der Sauerstoffgehalt zunimmt.

Der Sauerstoffgehalt tieferer Wasserschichten zeigt merkwürdige Abweichungen. Im Atlantik beobachtete Buchanan:

Tiefe	Sauerstoffgehalt
0 m	33.7 %
400 m	23.4 %
550 m	11.4 %
800 m	15.5 %
1600 m	22.6 %
1800 m	23.4 %

Als Ursache dieser Sauerstoffabnahme zwischen 500 und 800 m betrachtet Buchanan das dort herrschende reichere Tierleben, dennoch ist ein endgültiger Beweis für diese Annahme bisher nicht erbracht und ist vielleicht die Wasserzirkulation vom Antarktischen Eismeer nach dem Äquator, welche wir bei Besprechung der Tiefentemperaturen kennen lernten, die Ursache dieser Erscheinung.

12. Zirkulation und Strömungen.

Ursache der Zirkulation. Vertikaler Austausch des Wassers. Nahrung der Tiefseetiere. Wasserversetzung unmessbar langsam. Wirkung der Monsune. Die Strömungen der Palkstrasse. Entstehung der Strömungen. Schema der Strömungskreise. Stromversetzung. Treibkörper. Farbe der Strömungen. Geschwindigkeit des Golfstromes. Länge der Zeit.

Durch die wechselnde Intensität der Verdunstung, durch einströmende Flüsse und durch das Gefrieren des Wassers werden im Seewasser Unterschiede in Temperatur, Salzgehalt und Dichte erzeugt, welche es bewirken, dass verschiedene Meeresteile sehr verschiedene Eigenschaften besitzen. Schon mehrfach haben wir darauf hingewiesen, dass ein Austausch solcher verschieden dichter Wasser überall stattfindet, dass nur dadurch jene Gleichmässigkeit des Salz- und Luftgehaltes im Meer erklärt werden kann. Man bezeichnet diesen Austausch der Ozeanwasser mit dem Ausdruck Zirkulation.

Dass die, noch zu besprechenden „Meeresströmungen" eine wichtige Rolle bei der Zirkulation spielen, bedarf keiner Betonung. Der Golfstrom führt das warme Wasser des Caraibischen Meeres nach Nordosten und erwärmt die kalten Küsten Europas, eine südlich gerichtete Strömung

führt aus dem Baffinsmeer grönländische Eisberge nach dem Atlantik und kühlt die nordamerikanischen Küsten. Früher nahm man an, dass diese Zirkulationsvorgänge die Ursache der Meeresströmungen seien. Wir werden zu zeigen haben, dass diese Annahme auf einem Irrtum beruht. Dagegen lässt es sich nicht leugnen, dass die Zirkulation und der Austausch verschiedenartiger Wasser sehr wesentlich durch die Meeresströmungen vermittelt wird. Zirkulation ist eine Folge der Strömungen.

Allein wenn wir absehen von diesem, in der Horizontale erfolgenden Ausgleich, so ist doch viel bedeutungsvoller die in vertikaler Richtung erfolgende Zirkulation, welche die durch Verdunstung oder Abkühlung schwerer werdenden obersten Wasserschichten in die Tiefe sinken lässt, welche die leichten Wasser einmündender Ströme langsam und allmählich mischt mit dem salzhaltigen Wasser des Ozeans.

Die Tiefen des Atlantik werden mit frischem Sauerstoff und mit Nahrung versorgt durch das Herabsinken des kalten antarktischen Eiswassers, und die Existenz einer Tiefseefauna dort möglich gemacht. Ohne die offene Verbindung des Atlantik, Pazifik und Indik mit dem antarktischen Eismeer wären die niedrigen Bodentemperaturen dieser grossen Becken gar nicht zu erklären, denn vom Nördlichen Polarmeer sind dieselben überall durch Landschwellen getrennt. Die Behringsstrasse ist 50 m tief, und nur der nördliche Atlantik steht in Kommunikation mit dem kalten Wasser des Eismeeres. Und ohne jenes südliche zirkumpolare Meer wäre die Tiefsee des Pazifik und Indik leblos, denn nur von dort dringt Oberflächenwasser in grösserer Menge nach dem äquatorialen Gebiet vor.

Welche Bedeutung submarine Bodenerhebungen für die Zirkulation und die Fauna der Tiefsee haben, das lehrt uns die „kalte und warme Area" oder das 13° warme Wasser des tieferen Mittelmeeres.

Wenn wir also in der horizontalen und vertikalen Zirkulation des Seewassers ein ungemein wichtiges Regulativ für die Existenz und Verbreitung der marinen Organismenwelt erblicken, so müssen wir doch feststellen, dass dieser Austausch verschieden dichter und verschieden warmer Gewässer meist mit einer kaum nachweisbaren, äusserst schwachen Wasserbewegung verbunden ist. Man hat berechnet, dass die „Wasserversetzung" des Südpolarmeeres nach der äquatorialen Tiefsee auf einem Gefälle von 1 : 1 200 000 erfolgt und unter solchen Umständen geradezu als unmessbar betrachtet werden muss. An anderen Stellen, besonders wenn der Wasseraustausch zweier grosser Meeresbecken durch eine enge Meeresstrasse hindurch erfolgt, kann die Bewegung eine messbare Grösse erreichen, immer aber bleibt dieselbe weit zurück hinter den Geschwindigkeiten, welche die Meeresoberfläche durch die sogen. Meeresströmungen erhält, deren Auftreten wir jetzt zu besprechen haben.

Wind und Wetter im Indischen Ozean und seinen Küstenländern werden mit einer bemerkenswerten Regelmässigkeit beeinflusst von den Luftströmungen der Monsune. Während unseres Winters, vom Oktober bis April, weht der Nordostmonsun. Er kommt aus den Steppengebieten des östlichen Asiens, dort hat er alle Feuchtigkeit verloren, und strömt als trockener, ruhiger Wind über die indische Halbinsel nach dem Indischen Ozean. Schöner

heiterer Himmel, ruhig glattes Meer und ein mildes trockenes Klima begleiten seinen Lauf, und so lange er weht fährt der Dampfer durch den Indischen Ozean so ruhig wie auf einem Schweizer See.

Im Frühjahr setzen die Monsune um. Die Segelschiffe, welche handeltreibend während des Nordostmonsunes nach den südöstlichen Küsten Afrikas gefahren sind, rüsten sich zur Heimfahrt nach Arabien, Persien und Indien. Denn mit kräftigen Stössen bläht ein aus Südwesten kommender Wind ihre Segel. Der Südwestmonsun sättigt sich bei seinem langen Wege über den südlichen Indischen Ozean mit Feuchtigkeit, gewaltige Wellen türmt er vor sich auf; und wenn er an die Küsten Ostindiens gelangt, so bringt er Regen, Sturm und aufgeregte See mit sich heran.

Die Windbewegung reibt sich auf der Meeresoberfläche und überträgt einen Teil ihrer Kraft auf das Wasser. So kommt es, dass während der beiden Monsunperioden ganz entgegengesetzte Strömungen im Indischen Meere herrschen.

Auf der kleinen Insel Ramésveram mitten in der Meeresstrasse, welche Ceylon von Südindien trennt, steht unter Palmen und schattigen Akazien auf dem erhöhten sandigen Ufer ein freundliches Haus, von der indischen Regierung für reisende Beamte erbaut. Dort, abgeschnitten von aller Welt, lebte ich zwei schöne Wochen, um die nahen Korallenriffe zu untersuchen. Ein roh gezimmertes Kanu, mit acht Tauchern und Ruderern bemannt, wartete meiner am Strande und täglich ging es hinaus in die glatte blaue See. Auf einem meiner Streifzüge wollte ich eine schmale Lücke, welche zwischen den Klippen der

sogen. Adamsbrücke existiert, von Süden nach Norden passieren. Wie gross war mein Erstaunen, als ich das Meer mit der Gewalt eines Stromes durch die Klippen herabrauschen sah. Bis zu der Brust im Wasser schoben meine acht Leute das Kanu mühsam vorwärts und wohl eine halbe Stunde kämpften wir mit der Strömung, um eine Strecke von 200 m zurückzulegen und im Schutze anderer Klippen ein ruhigeres Fahrwasser zu finden. So strömt hier das vom Nordostmonsun getriebene Wasser vom November bis März nach Süden. Während der Sommermonate aber, wenn der Südwestmonsun stürmt, dann ergiesst sich mit doppelter Geschwindigkeit die Strömung entgegengesetzt von Süden nach Norden durch die Meerenge hindurch.

Infolge des steten Wechsels der oberflächlichen Wasserbewegung hebt sich hier die Wirkung der Monsunströmungen immer wieder auf. Anders aber ist es, wenn konstante Passatwinde einen grossen Teil des Jahres in derselben Richtung auf die Wasser des Meeres einwirken.

Zuerst reibt sich der Wind an der obersten Wasserschicht und versetzt diese in eine gleichsinnige, langsam strömende Bewegung. Die oberste Wasserschicht reibt sich an der nächstfolgenden tieferen, und wenn derselbe Wind jedes Jahr in derselben Richtung weht, wenn Jahrhunderte lang die durchschnittliche Windrichtung dieselbe ist, so überträgt sich die oberflächliche Wasserströmung auf immer tiefere Wasserschichten.

Nach den Untersuchungen von Zöppritz, der die Bedeutung der Passatwinde für die Entstehung der Meeresströmungen endgültig nachwies, muss ein Wind mit gleich-

bleibender Richtung und Stärke 240 Jahre lang wehen, bis sich die Wasserbewegung in 100 m Tiefe mit halber Geschwindigkeit bemerkbar macht. Nach 200 000 Jahren herrscht in 2000 m die halbe Geschwindigkeit des konstant wehenden Windes.

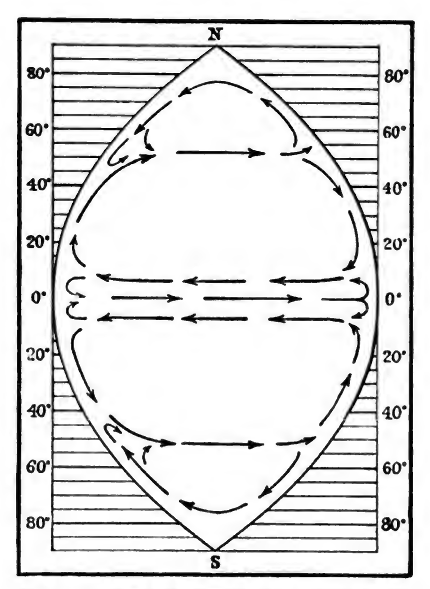


Fig. 23. Schema der Strömungen in einem Ozean.

Nachdem die theoretischen Grundlagen für die Ableitung der Meeresströmungen gegeben war, konnte Krümmel versuchen, den normalen Verlauf der Strömungen (s. Fig. 23) in einem idealen Ozeanbecken folgendermassen zu verzeichnen:

Sechs Stromkreise sind darin vorhanden, welche in der Weise symmetrisch an den Äquator angelagert sind, dass der erste Stromkreis zwischen 0° und 10°, der zweite zwischen 10° und 50°, der dritte zwischen 50° und 80° verläuft, und zwar auf den beiden Halbkugeln in der gleichen Richtung.

Von diesen Strömungen sind besonders diejenigen bemerkenswert, welche den Austausch des warmen Wassers am Äquator mit dem kalten Wasser der gemässigten Breiten und der Polarmeere vermitteln. So verläuft aus der nördlichen Halbkugel an der linken Seite der Ozeane eine warme Strömnng nach NO. Als solche kennen wir im Atlantik den Golfstrom, im Pazifik an den chinesischen und japanischen Küsten den warmen Kuro-Schio-Strom.

Dagegen dringt auf der südlichen Halbkugel rechts eine kalte Strömung nach dem Äquator zu. Wir finden dieselbe wieder in dem kalten Strome, welcher längs der Südwestküste von Afrika bis gegen die Congomündung vordringt, und in der Westwinddrift, welche die südamerikanische Westküste von Chile bis nach Peru bespült.

Es ist klar, dass durch die wechselnde Form der Festländer auch die Richtung der Meeresströmungen sehr wesentlich beeinflusst und von dem schematischen Verlaufe abgelenkt wird. Manche Ströme müssen als Kompensationsströme aufgefasst werden, welche die Kontinuität des Wassergleichgewichts aufrecht zu erhalten haben. Endlich lenkt die Umdrehung der Erde die Richtung mancher Meeresströmungen, wenn auch in untergeordneter Weise, von ihrem normalen Verlaufe ab.

Um die Richtung und Stärke der Meeresströmungen zu messen, bedient man sich sehr verschiedenartiger Methoden.

Als im Jahre 1513 der spanische Gouverneur Ponce de Leon längs der Küste von Florida nach Süden segelte, bemerkte er zu seiner Verwunderung, dass seine Schiffe, obwohl mit günstigem Winde segelnd, nicht vorwärts, sondern rückwärts kamen, so stark war die Strömung des Florida- oder Golfstromes. Und selbst bis zum heutigen Tage ziehen die Seeleute bei Fahrten in Strömungsgebieten, wenn sie die Position des Schiffes bestimmen, die sogen. „Stromversetzung“ in Rechnung.

Wenn es sich aber um methodische Untersuchungen über die Richtung von Meeresströmungen handelt, so bedient man sich ausgeworfener Treibkörper.

Dieselben bestehen entweder aus gut verschlossenen Flaschen (Flaschenpost), in welchen man den Schiffsort auf einem Zettel genau angiebt, oder aus hohlen Metallkugeln, in denen in einer Glasröhre diese Angaben enthalten sind. Werden diese Treibkörper nach langer Wanderung an einer Küste aufgefunden, so kann man in vielen Fällen die Strömung aus dem zurückgelegten Wege erkennen. Auf deutschen Kriegsschiffen wird an jedem Mittag eine solche Flaschenpost in die See geworfen.

Um die seitliche Grenze und Breite einer Strömung zu bestimmen, bedient man sich des Thermometers, denn gewöhnlich ist das Wasser einer Meeresströmung kälter oder wärmer als das umgebende Meer. Oftmals kann man schon aus der Farbe des Wassers entscheiden, ob man eine Strömung erreicht hat. Der Golfstrom zeichnet sich

durch sein klares blaues Wasser aus; der an der Guineaküste entlang laufende blaue Guineastrom trifft an der Congomündung mit dem trüben grünen Benguelastrom zusammen.

Der Seemann erkennt an dem Auftreten der gelben Sträusschen von *Sargassum bacciferum* (Golfkraut) (Fig. 40), dass er sich im Gebiet des Golfstromes befindet, und wie wir später zeigen werden, kann man aus gewissen Eigentümlichkeiten der schwimmenden Tierwelt in der Hinlopenstrasse in Spitzbergen noch die letzten Ausläufer des Golfstromes nachweisen.

Ziemlich schwer ist es, die Geschwindigkeit einer Meeresströmung exakt zu bestimmen. Wenn dieselbe nicht so stark ist, dass sie eine merkbare Stromversetzung auf den Kurs des Schiffes ausübt, benutzt man eine sogen. Stromboje.

Der Golfstrom bewegt sich in der Strasse von Florida mit einer Geschwindigkeit von 1.5 bis 2.5 m; das ist mehr als die Stromgeschwindigkeit des Rheines bei Hochwasser beträgt. Indem er sich dann im Atlantik ausbreitet, vermindert sich seine Geschwindigkeit rasch, und beträgt bei New York nur noch 0.6 m in der Sekunde.

Die Tiefe, in welcher sich eine merkbare Strömung noch nachweisen lässt, ist beträchtlich. Bei den Bermudas wurde erst in 1100 m Tiefe keine erkennbare Bewegung gefunden.

Wenn wir uns erinnern, wie viele tausend Jahre ein konstanter Wind wehen muss, bis sich seine Bewegung als Meeresströmung auf beträchtliche Tiefen überträgt, so

müssen wir in diesen grossen Tiefen, in denen sich der Golfstrom noch nachweisbar bewegt, einen Beweis für die Länge der Zeiträume betrachten, innerhalb deren die physikalischen und klimatischen Bedingungen des Atlantik konstant waren, und müssen staunen über die Äonen von Jahren, welche geologische Veränderungen umfassen.

---

13. Die Organismen des Meeres.

Eine biologische Exkursion im Golf von Neapel. Verteilung der marinen Lebewesen. Veränderung der Existenzbedingungen. Organismen des Landes und des Meeres. Übergänge. Benthos. Plankton. Pflanzen- und Tiergruppen im Meer.

Ein blauer italienischer Himmel wölbt sich wie eine Krystallglocke über dem glänzenden Blau des Golfes von Neapel; ein Kranz von malerischen Landzungen und Inseln umsäumt das friedlich schöne Bild. Links, wo sich hinter dem Castel d'Uovo das Häusermeer von Neapel in duftiger Ferne verliert, erhebt sich der violett angehauchte Doppelkegel des Vesuv und von seinem Gipfel wirbelt ein kleines weisses Dampfwölkchen in den reinen Äther.

Vor uns steigt Capri, das liebliche Eiland, mit schroffen Steilwänden aus den Fluten; jenseits der Bocca piccola umrahmt die Halbinsel von Sorrent den ruhigen Golf, nach rechts schliesst der Rücken des Posilipo, von Weinbergen und freundlichen Villen besät, das harmonische Gemälde ab. Ein paar Fischerboote schweben mit weissem Segel weit draussen auf der glänzenden Fläche, und während wir nach der Mergellina wandern, wo der kleine Dampfer der Zoologischen Station uns erwartet, schweift unser Blick immer wieder über die blaue Flut und ver-



Fig. 24. „Johannes Müller", Dampfer der Zoologischen Station zu Neapel für Tiefseeforschung.

folgt mit Entzücken die malerische Silhouette der Berge, welche den Golf umrahmen.

Der Anker wird gelöst, und bald dampft der „Johannes Müller" (s. Fig. 24) hinaus in das Meer. Während wir am Fusse des Posilipo dahingleiten, weilt unser Blick auf den gelben Tuffsteinufern, über welche Guirlanden blühender Rankengewächse herabhängen; dort ist das verfallene Schloss der Donna Anna, hier wiegen südliche Palmen ihre malerische Krone, und dunkle Pinien und Cypressen treten wirkungsvoll aus dem helleren Grün schattiger Kastanien hervor. Mit jedem Augenblick wird das Bild schöner und fesselnder, und nur mit Mühe können wir unsern Blick von den malerischen Küsten abwenden, um, über Bord gebeugt, in die Wasserfläche hineinzuschauen, welche wir durcheilen.

Das Wasser ist klar und durchsichtig, unser Auge ist durch Übung geschult, die schwimmenden Tiere des Meeres zu erkennen, aber nur wenige Spuren organischen Lebens vermögen wir zu entdecken. Einige kleine Radiolarienkolonien, ein paar mikroskopische Krebschen, eine rötliche Meduse sind das einzige, was wir zu sehen im stande sind. Wir lassen das Müllersche Netz, eine Art Schmetterlingsnetz aus fester Gaze, ins Wasser und sieben, während wir die Geschwindigkeit der Maschine mässigen, eine lange Strecke des Wassers durch, dann spülen wir das umgekehrte Netz in einem Glas Seewasser ab, aber kärglich ist unsere Ausbeute, gering die Zahl der gefangenen Tiere.

Um die schwimmende Tierwelt der mittleren Regionen zu fangen, lassen wir jetzt ein sogen. Schliessnetz hinab.

Infolge einer sinnreichen Konstruktion öffnet sich dieses Netz, wenn es in einer bestimmten Tiefe angelangt ist, und sobald man nach einiger Zeit das Netz wieder heraufwindet, schliesst es sich selbstthätig. Wir untersuchen den Inhalt, den es in 100 m Tiefe gefangen hat, und finden darin manche zarte Pteropoden, Krebse und Medusen, deren wir mit dem Müllerschen Netz an der Oberfläche nicht habhaft werden konnten. Dann lassen wir einen Zinkeimer mit scharfen Rändern, die sogen. Eimerdredge (Fig. 25), an einem Tau in die Tiefe, wir ziehen sie am Grunde entlang bis sie sich in den Boden eingräbt, dann winden wir sie empor. Die Eimerdredge ist erfüllt mit einem grünlichen zähen Schlamme. Wir schütten den Schlamm in ein Metallsieb und waschen alle thonigen Teile so lange durch, bis nur die darin enthaltenen gröberen Steinchen und Tiere übrig bleiben — allein unser Fang ist nicht sehr befriedigend. Einige rötliche Würmer, ein paar schlammbewohnende Muscheln, und eine handvoll kleiner grauer Schlangensterne (Ophiuren) können wir auslesen, sonst ist kein lebendes Wesen zu finden.

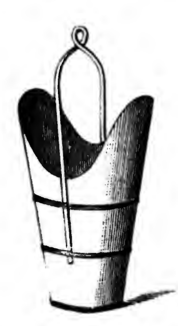


Fig. 25. Eimerdredge.

Mit raschen Schraubenschlägen verlassen wir die tierarmen Schlammgründe und die tierarmen Wasser nahe der Küste, und dampfen hinaus auf die See. Da kreuzen wir einen langen Wasserstreifen, bedeckt mit Grashalmen, Tangfetzen, Korkstöpseln, Bimssteinstückchen und anderem treibenden Material. Die Fischer nennen diesen Streifen

corrente (Strömung), und indem wir prüfend über die Wasserfläche schauen, erkennen wir, dass der Corrente eine ziemlich schmale, wohlabgegrenzte Wasserstrasse bildet, welche sich oft von parallelen Correnten begleitet mitten durch das Meer weithin verfolgen lässt. Mit Entzücken sehen wir zwischen dem toten treibenden Material eine grosse Fülle der wunderlichsten Geschöpfe bald vereinzelt, bald so dicht gedrängt, dass das Müllersche Netz bald mit einem Tierbrei gefüllt heraufkommt. Man nennt diese freischwimmenden und treibenden Tiere des offenen Meeres „pelagische Tiere“ oder Plankton. Hier schwebt wie ein bunter Blumenstrauss eine Siphonophore, dort sehen wir einen Schwarm zolllanger Krebschen, da eine meterlange Kette von Salpen. Alle diese Tiere sind gallertartig und glashell durchsichtig, nur der silberglänzende Eingeweidesack oder die lebhaft buntgefärbten Keimdrüsen verraten ihre Anwesenheit im klaren Wasser. Halb auf dem Wasser schwimmend sehen wir indigoblaue Velellen oder die faustgrosse Schwimmblase der Physalia. Doch sobald wir die Verbreitung der Correnten verlassen, wird auch die pelagische Tierwelt ärmer und wieder durchschneiden wir Fluten, in denen nur wenige Vertreter tierischen Lebens zu beobachten sind.

Noch einmal lassen wir die Eimerdredge in eine Tiefe von 120 m hinab, aber ebenso tierarm wie vorher finden wir den Schlamm des Meeresbodens.

Nach wenigen Kilometern hält der Dampfer. Die Matrosen orientieren sich nach den Felsen von Capri, Ischia und Capo Miseno, in deren Mitte wir halten, dann wird das grosse Schleppnetz (s. Fig. 26 S. 128) an einem

langen Tau befestigt und rollt über Bord, um in die Tiefe zu gleiten. Kaum sind 60 m Tau abgelaufen, da merken wir, dass die Dredge den Boden berührt hat. Es ragt also hier über den 201 m tiefen Boden eine submarine Insel 60 m hoch empor. Der „Johannes Müller“ dampft ein Stück Weges vorwärts, damit das Tau möglichst lang auf dem Meeresboden hinschleppt, dann winden wir es mit der Dampfwinde langsam herauf. Schon ehe das Schleppnetz über Wasser erscheint, erkennt unser Auge ein buntes Gewimmel durch die Maschen hindurch, und sobald es auf Deck ausgeschüttet wird, sind wir geradezu verblüfft von dem unendlichen Tierreichtum, den es mit emporgebracht hat. Wohin wir blicken, zappelt und krabbelt es über den Boden. Hunderte kleiner roter Krebse laufen possierlich über die Dielen, um sich in einem Winkel zu verstecken, gelbe Seelilien bewegen sich zu Dutzenden mit ihren fingerlangen Armen wie grosse Spinnen über Deck, schön gefärbte Seeigel und grosse Seesterne kriechen träge aus dem Tierhaufen heraus, bunte Muscheln und elegante Schneckenschalen rollen uns zu Füssen. Mitten in dem Getümmel der bunten, vielgestaltigen Meeresgeschöpfe bewegt sich eine fussgrosse,

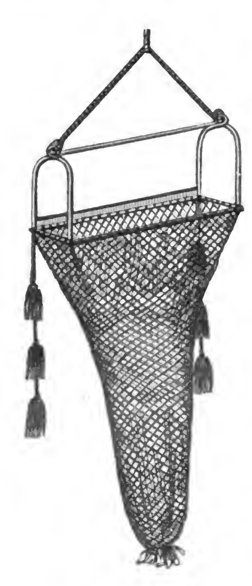


Fig. 26. Schleppnetz.

unheimliche Masse; lange Arme, mit Saugnäpfen bewehrt, kriechen hervor, und bald kommt ein ungestalter Tintenfisch zum Vorschein. Daneben bemerken wir hunderte von warzigen rosenroten steinharten Knollen, es sind Kalkalgen, welche die Gründe des Meeres in ungeheuren Mengen bedecken.

Längere Zeit verstreicht, bis alle Tiere aufgelesen und in Gläser und Eimer flüchtig sortiert sind, und wenn wir dann den Reichtum eines Fanges mustern, dann können wir zum Vergleich der Landfauna uns vorstellen, wieviel wohl ein Luftschiffer Landtiere fangen würde, der 50 m hoch vom Ballon aus, ein Netz einige hundert Schritt über den Erdboden ziehen würde!

Die Sonne geht schon zu Rüste, als wir den Rückweg antreten. Noch einmal giesst das leuchtende Gestirn des Tages all seinen Glanz, all seine Farbenpracht über die buchten- und inselreiche Landschaft; zarten violetten Schatten gleich heben sich die Berge vom grünschimmernden Abendhimmel ab, dann versinkt die Sonne langsam unter den Meeresspiegel und der dunkelblaue Saum des Erdschattens steigt hinter dem Vesuv empor. Bald leuchten die ersten Sterne auf dem immer dunkler werdenden Firmament, und auch der Vesuvgipfel trägt statt des Dampfwölkchens eine rotglühende Flamme, welche rhythmisch wie ein Leuchtfeuer aufleuchtet.

Während es immer dunkler wird und zahllose Sterne über unserem Haupte erscheinen, immer schöner der Glanz der Milchstrasse schimmert, wendet sich unser Auge dem Meeresspiegel zu, den unser Schiff durcheilt. — Ein überraschendes, zauberhaftes Bild bietet sich dem

Blicke dar! Der ganze sternenbesäte Himmel scheint sich im Meere zu spiegeln. Grosse und kleine Sternchen schweben mit zartem Lichte im Wasser und da, wo die Schraube unseres Schiffes ruhelos das Meer durchwühlt, entsteht eine Lichtstrasse, welche sich wie ein Kometenschweif weit hinter dem Schiffe herzieht.

Rasch nehmen wir das Müllersche Netz zur Hand, lassen es kurze Zeit im Wasser und bringen es heraus, erfüllt mit leuchtendem Schleim. Wir spülen diesen im Glase ab und erkennen, dass jedes leuchtende Sternchen ein kleines Tier ist, dass unzählige Planktontiere das Meer erfüllen.

Selbst die Gebiete, die am Tage tierarm erschienen, werden jetzt belebt von einer Fülle der interessantesten Formen, und viele Tiere, welche wir am Tage nur in 100 m tiefen Wasserschichten mit dem Schliessnetz fingen, die erhalten wir jetzt mühelos im Plankton der Meeresoberfläche.

Und was wir hier bei Neapel auf einer Tagesexkursion im kleinen beobachten, das erfahren wir im grossen, wenn wir die grossen Ozeane untersuchen. Der ganze Ozean ist belebt, und vom Strande nach den Flächen des offenen Meeres hinaus, ebenso wie von der Oberfläche bis zu den lichtlosen Abgründen der Tiefsee finden wir überall tierisches Leben. Und wie auf dem Lande Wüsten und Wälder abwechseln, wie das Klima und die Bergeshöhe die Verbreitung der Organismen beeinflusst, so sehen wir auch im Meere eine unendliche Fülle von äusseren Umständen verändernd einwirken auf die Verbreitungsgebiete der Organismen. Alle die Faktoren, welche wir in den

früheren Abschnitten besprochen haben, und manche Verhältnisse, die noch behandelt werden sollen, beeinflussen die Verteilung der Organismen im Meere, und wenn sie sich verändern, so ändern sich die Verbreitungsgebiete der Pflanzen und Tiere.

Die Erdgeschichte berichtet uns nicht nur von Veränderungen der physikalischen Bedingungen, sondern auch von Veränderungen der Faunen und Floren, und die Geologie als historische Wissenschaft hat nicht nur solche Veränderungen festzustellen und zu registrieren, sondern ihre letzte und schönste Aufgabe ist es, den ursächlichen Beziehungen zwischen anorganischen und organischen Veränderungen nachzuspüren. Nur indem wir die Felsschichten der Erde als den Ausdruck solcher anorganischer Umgestaltungen und die Versteinerungen als ein Sinnbild organischer Mutationen auffassen, nähern wir uns jenem hohen Ziele.

Vergleichen wir die Tierwelt des Meeres mit der Fauna des Festlandes, so finden wir zuerst, dass jene viel reicher ist als diese. Während zwar der Boden des Luftmeeres eine reiche Tierwelt beherbergt, aber die mittleren und oberen Regionen der Atmosphäre nur wenige fliegende Vögel und Insekten enthalten, sind im Ozean alle Gebiete bevölkert. Am Boden finden wir festsitzende und kriechende, an der Oberfläche und in den mittleren Schichten aktiv oder passiv schwimmende Tiere, und eine ganze Reihe von marinen Tiergruppen sind auf dem Festland überhaupt nicht vertreten. Gebiete grossen Tierreichtums liegen inselgleich in tierarmen Regionen, die Tiefe des Meeres, Temperatur, Licht, Salzgehalt, Sauerstoffmenge, Strömungen

und Untergrund spielen eine bestimmende Rolle in der faunistischen Verbreitung. Aktive und passive Wanderungen machen das Bild derselben noch verwickelter.

Wenden wir uns jetzt der Pflanzenwelt des Meeres zu, so ergiebt sich ein etwas verschiedenes Resultat. Zwar fehlen hier vollkommen jene baum- und strauchartigen höheren Pflanzen, welche auf dem Festland so verbreitet sind. Dagegen spielen die schwimmenden niederen Algen eine ungemein wichtige Rolle und erfüllen das Meer in allen Regionen. Nur die Abgründe der Tiefsee sind pflanzenleer und beherbergen keine assimilierenden Organismen.

Betrachten wir vom Standpunkt der allgemeinen Chorologie die Verteilung der Organismen (Pflanzen und Tiere) im Meere, so müssen wir drei Haupttypen derselben wohl von einander unterscheiden. Auf der einen Seite stehen die festsitzenden oder am Boden kriechenden Tiere und Pflanzen, das Benthos, auf der andern Seite die freilebenden im Wasser schwimmenden oder treibenden Lebewesen, die man als das Plankton zusammenfasst, während man die aktiv schwimmenden Tiere als Nekton bezeichnet.

Zwischen diesen Gruppen bestehen zahlreiche Übergänge und Verbindungen. Die Larven vieler kriechender oder festsitzender Tiere schwimmen in der Jugend lange Zeit frei im Wasser herum, anderseits lassen festsitzende Jugendstadien freilebende geschlechtsreife Tiere aus sich hervorgehen.

In Fig. 27 S. 133 ist ein Polyp dargestellt, welcher durch Knospung kleine Medusen (s. Fig. 28) erzeugt, die sich abschnüren und frei davonschwimmen. Der umgekehrte Fall findet sich bei manchen Krebsen: die Larve von

Lepas ist ein kleiner zierlicher Krebs *(Nauplius)* mit sechs Beinen und einem grossen, wohl entwickelten Auge. Nachdem diese Larve einige Zeit herumgeschwommen ist, setzt sie sich fest, wächst zu der merkwürdigen Entenmuschel *Lepas* heran, und produziert erst in diesem Stadium Eier und Samen.

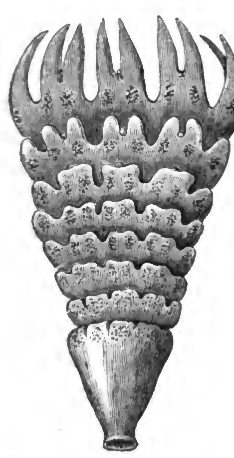


Fig. 27. Polyp (Strobila) mit sich ablösenden Medusen, 20 Mal vergrössert.

Die Sporen mancher Meeresalgen haben lange Wimpern, mit denen sie sich munter im Wasser herumbewegen, ja sogar einen roten Augenfleck hat man bei gewissen Algen beobachtet. Nachdem die Schwärmspore eine zeitlang zum Plankton gehört hat, setzt sie sich fest, wächst zu der Algenpflanze heran und gehört dann zum Benthos. Aber trotz vieler solcher Übergänge ist es wichtig, jene Typen zu unterscheiden, da sie mit charakteristischen Eigenschaften versehen und an bestimmte äussere Existenzbedingungen angepasst sind.

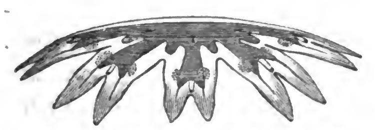


Fig. 28. Freischwimmende junge Meduse (Ephyra), 20 Mal vergrössert.

Das Benthos ist entweder kriechend, vagil, oder festsitzend, sessil, doch ist es naturgemäss auch hier unmöglich, eine scharfe Grenze zu ziehen. Aus dem Ei des *Antedon* entwickelt sich zuerst eine freischwimmende Larve.

Die eiförmige Larve hat vier Wimperringe und einen kleinen Wimperschopf, mit Hilfe deren sie einige Zeit im Wasser als treibendes Plankton herumschwimmt. Dann setzt sie sich fest, es entwickelt sich in ihr ein lilienähnliches gestieltes Tierchen, bestehend aus einem zierlichen Stiel mit einer zehnarmigen Blume. So lebt *Antedon* als sessiles Benthos. Darauf löst sich die Blumenkrone von dem Stabe ab, das ausgewachsene Tier kriecht wie eine Spinne am Boden hin, ja es kann sogar rudernde Bewegungen frei im Wasser schwimmend ausführen, so dass man im Zweifel sein muss, ob man vagiles Benthos, Nekton oder Plankton vor sich hat.

Das Benthos des Tierreiches ist durch derbe Gewebe, meist auch durch kalkige Skelette und durch Bewegungsorgane oder Haftorgane ausgezeichnet. Das sessile Benthos liebt felsigen oder wenigstens festen Untergrund und bewegtes Wasser, damit ihm Nahrung zugeführt werden kann, deshalb findet es seine höchste Entfaltung am felsigen Meeresgrunde nahe dem Strande.

Das Benthos lässt sich ziemlich leicht und sicher in litorales und abyssales trennen. Bei einer früheren Gelegenheit sahen wir, dass viele Küsten von einem wasserbedeckten Vorland umgeben sind, der sogen. Kontinentalstufe. Diese ist das Reich des litoralen Benthos. Hier leben die festsitzenden Pflanzen des Meeres und bieten eine reiche Nahrungsquelle für ein reich entwickeltes Tierleben. Die meisten Muscheln und Schnecken, die meisten Echinodermen, viele Krebse und Fische, alle stockbildenden Korallen, viele Schwämme gehören dem litoralen Benthos an. Das litorale Benthos ist das Ur-

sprungsgebiet der meisten anderen Faunen und Floren; viele Organismen des Plankton, der Tiefsee, ja sogar diejenigen des Süsswassers und des Landes sind wahrscheinlich Kinder dieser Region.

Kein zweites Lebensgebiet des Meeres besitzt eine solche Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen. Felsen und Sandküsten, bewegte Brandung und ruhige Buchten, reiche Beleuchtung und frische Luft bedingen eine ungeheuer vielgestaltige Formenentwickelung. Bei jeder Oszillation des Meeresspiegels, bei jeder Transgression, bei jeder Dislokation wird das litorale Benthos von den umgestaltenden Wirkungen am ersten und nachhaltigsten betroffen. In diesem Lebensgebiet wechselten im Laufe der geologischen Geschichte See und Festland am häufigsten ihren Ort, und dieser stete Wechsel musste natürlich in hohem Masse variierend und umgestaltend auf Fauna und Flora wirken — deshalb finden wir hier jene Vielgestaltigkeit der äusseren und inneren Organisation, jene Fülle der Anpassung, jene Mannigfaltigkeit der Lebensgewohnheiten.

Vom litoralen Benthos aus wurde das offene Meer besiedelt, von hier aus die abyssalen Abgründe der Tiefsee, und zwar dürfen wir in der Vertikalzirkulation und den Meeresströmungen die Wege solcher Besiedelung erblicken. Dem Zuge des Wassers folgend gelangten die Larven festsitzender oder die allzu beweglichen Vertreter kriechender Tiere ins offene Meer hinaus und Pfeffer zeigt uns, wie noch heute manche Tiere des pelagischen Plankton als geschlechtsreif gewordene Larven betrachtet werden müssen. Andere wanderten langsam in immer tiefere Wasserschichten hinab. In dem Schlamm der Tiefsee fanden sie reiche

Nahrungsquellen und entzogen sich dort dem grausamen Kampf ums Dasein, der in dem reichbevölkerten litoralen Benthos so verderblich waltet.

Das abyssale Benthos besteht nur aus Tieren. Keine festsitzende Pflanze ist bisher aus den Abgründen der Tiefsee heraufgebracht worden und kein dort lebendes Tier hat den Charakter eines Pflanzenfressers. Daraus ergiebt sich schon die ökonomische Abhängigkeit der Tiefseefauna von den Organismen der Kontinentalstufe und des seichteren Wassers.

Die meisten Tiere des abyssalen Benthos sind Schlammfresser, andere sind räuberische Fleischfresser. Die Bewegungsorgane jener sind ebenso rückgebildet wie die Organe der Nahrungsaufnahme, ihre Sinnesorgane sind oft rudimentär, die Farben eintönig und auf der Oberseite ebenso gefärbt wie auf der Unterseite. Die grosse Gleichmässigkeit der Existenzbedingungen hat die Fauna des abyssalen Benthos über die ganze Erde ziemlich eintönig gemacht, die klimatischen Zonen der Abgrenzung lokaler Faunen sind hier verwischt. Oszillationen und Transgressionen des Meeresspiegels, Hebungen und Senkungen der Erdrinde beeinflussen die Existenzbedingungen der Tiefseefauna in überaus geringer Weise, die Tiefsee ist zu vergleichen der stillen Klause, in welche sich die Tiere aus dem Getümmel und der Unruhe des litoralen Benthos zurückgezogen haben, um in beschaulicher Ruhe und ewiger Nacht ein friedliches Dasein zu führen.

Während die Tiere des litoralen Benthos in Form und Farbe sich vielfach an den Untergrund angepasst haben, bald die zackige grüne Felsenoberfläche, bald die rosen-

rote Farbe der Kalkalgen, das Olivengrün der Tange nachahmen, zeigen die Organismen des Plankton ähnliche Anpassungserscheinungen an ihre Umgebung. Die durchsichtige klare Wasserflut hat sie veranlasst, auch durchsichtig zu werden, und glänzende Farbenflecke oder der silberglänzende Eingeweidekern heben sich von dem glashellen Körper als wirkungsvolle Schreckfarbe ab. Schalen und dichte Hartgebilde würden den Körper nur beschweren und das Tier im klaren Wasser um so mehr sichtbar werden lassen, deshalb fehlen sie fast allen grösseren Tieren des Plankton, und die kleinen Pflanzen und Tiere der offenen See haben so zierliche, glashell durchsichtige Schälchen, bewehrt mit langen spitzen Dornen und Nadeln, dass sie dadurch gut gegen Feinde geschützt sind. Die grossen Medusen und Siphonophoren, welche leicht zu erkennen sind, schützen sich durch brennende Giftbläschen und Nesselzellen gegen jede Berührung und machen sich dadurch unangreifbar.

Was die horizontale Verbreitung des Plankton anlangt, so kann man zwischen neritischem und ozeanischem Plankton unterscheiden.

Das neritische Plankton in den Küstengebieten ist schon deshalb viel reicher als das Plankton des offenen Meeres, weil dort die freischwimmenden Larven aller Benthosorganismen eine zeitlang zum Plankton gehören und dessen Menge vermehren. Die oben schon erwähnte Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen nahe den Küsten, der Pflanzenreichtum, die Strömungen u. a. bewirken, dass das neritische Plankton auch durch Formenfülle ausgezeichnet ist.

Die Verhältnisse des ozeanischen Plankton werden durch die Meeresströmungen wesentlich beeinflusst, und wer je den Golfstrom mit aufmerksamem Auge gekreuzt hat, der ist inne geworden, wie sehr die Verteilung des ozeanischen Plankton durch solche Strömungen reguliert und differenziert wird. Sind doch viele Planktonorganismen ohne alle Mittel einer aktiven horizontalen Ortsbewegung nur darauf angewiesen, passiv den Bewegungen des Meeres zu folgen und dadurch von den Wasserbewegungen abhängig.

Dagegen besitzen die meisten Planktonorganismen im Innern ihres Körpers hydrostatische Apparate, Schwimmblasen, Hydranten, Vakuolen, welche es ihnen ermöglichen ihre spezifische Schwere zu verändern und infolgedessen leicht vertikale Bewegungen auszuführen, indem sie bald in die dunklen Tiefen versinken, bald zum Meeresspiegel heraufsteigen. Diese vertikalen Wanderungen des Plankton leiten uns zu dem Problem, ob die mittleren Tiefen des Ozeans von schwebendem zonaren Plankton belebt sind. Noch sind die Untersuchungen hierüber unvollkommen, aber sicher ist es, dass an den Rändern von Kontinenten ein solches, alle Tiefen erfüllendes Plankton zu finden ist.

---

14. Die Meerespflanzen.

Abhängigkeit der Organismen vom Assimilationsprozess der Pflanzen. Eindringen der Lichtstrahlen in das Wasser. Einblicke in das Meer. Tiefenphotometer. Planktonpflanzen. Urnahrung. Nahrung der Wale. Kokkolithen. Rhabdolithen. Leuchtende Algen. Diatomeenschlick. Die gelben Zellen. Rote Algen im Roten Meere. Sargasso. Benthospflanzen. Grünalgen. Florideen. Kalkalgen. Tange. Seegräser. Die Mangrove. Treibholz.

Die Tiere können sich nur von organischen Substanzen nähren, die Pflanzen dagegen sind im stande, anorganische Stoffe aufzunehmen und dieselben in den Kreislauf des Lebens einzuführen. Deshalb ist alles Leben auf der Erde und im Meere, direkt oder indirekt, abhängig von der Existenz der Pflanzenwelt. Alle Tiere, und selbst das Menschengeschlecht würden aussterben müssen, sobald dieser sogen. Assimilationsprozess der lebenden Pflanzen aufhörte.

Die Pflanzen assimilieren, indem sie in den grünen, braunen oder roten Zellen ihres Gewebes, unter Einwirkung des Lichtes, anorganische Stoffe in organische Verbindungen überführen, und deshalb kann man auch sagen, dass alles Leben von den Lichtstrahlen der Sonne herrührt, welche gefärbte Pflanzenzellen zur Assimilation veranlassen.

Während sich aber die Tierwelt von der Verteilung des Lichtes emanzipieren kann, und in lichtlosen Höhlen oder in der dunkeln Tiefsee zu leben vermag, ist die Verbreitung der Pflanzenwelt an die erleuchteten Regionen des Meeres gebunden. Wo kein Lichtstrahl hindringt, da suchen wir vergeblich nach lebenden Pflanzen.

Das Licht dringt in klares Seewasser ziemlich tief hinein, und bei günstiger Beleuchtung und reinem Wasser ist es nicht schwer, in Tiefen von 30 m noch alle Einzelheiten am Grunde des Meeres zu beobachten.

Wie schön und belehrend ist es, über den Rand des Bootes gebeugt, hinabzublicken in die geheimnisvolle Tiefe. Wenn die Oberfläche des Wassers durch den Wind bewegt wird, dann genügt es, eine Röhre von 1 Fuss Durchmesser, am untern Ende mit einer Glasplatte abgeschlossen, in das Wasser zu tauchen, um alle die Wunder des Meeresbodens erkennen zu können. Wir sehen Tangwälder, welche, wogenden Ährenfeldern gleich, sich langsam auf und ab bewegen, auf grünlichen Sandflächen sehen wir rotbraune Seeigel in träger Ruhe liegen oder muntere Taschenkrebse herumspazieren; halb im Sande versteckt, kriechen Muscheln langsam über den Boden, und eine Schar silbern glänzender Fische schwebt in graziösen Bogen spielend durch die krystallene Flut; jetzt stieben sie aus einander und ein gefleckter Haifisch huscht pfeilschnell durch das Wasser.

Ein märchenhaftes grünes Licht verklärt mit wunderbarem Glanze das lebensvolle Bild und uns ergreift ein drängendes Sehnen, immer tiefer einzudringen in die Geheimnisse des Meeres. Doch indem wir mit unserm

Boote über tiefer werdende Seegründe dahinfahren, wird das Bild immer düsterer und verschleierter. Wohl vermag unser Auge noch zu sehen, dass eine Fülle der interessantesten Lebensbilder einander ablösen, allein schon können wir nicht mehr Einzelheiten unterscheiden, und im dämmernden Zwielicht erscheinen die Gestalten fabelhaft verzogen, bis unser Auge ins Unergründliche, Bodenlose hineinschaut und wir nur noch ahnen können, was uns die dunkle Tiefe verbirgt.

Um die Grenze des Eindringens der Lichtstrahlen festzustellen, versenkte man Marmorplatten von Bord des Schiffes in die See und beobachtete, dass sie bei 50 m Tiefe unsichtbar wurden. Das Licht war also auf dem 100 m langen Wege von der Oberfläche bis zur Marmorplatte und von dieser reflektiert, wieder nach dem Auge dringend, absorbiert worden. Versuche mit buntgefärbten Platten ergaben andere Resultate und erst in den letzten Jahren wurde das Problem exakt untersucht, als man photographische Platten versenkte, sie unter Wasser öffnete, exponierte und schloss, um sie dann wieder heraufzuziehen. Untersuchungen mit solchen Tiefseephotometern wiesen bei Villafranca chemisch wirksame Strahlen noch in 400 m Tiefe nach und in einer Tiefe von 483 m herrschte noch eine Helligkeit wie die der gelben Strahlen im Mondlicht.

Bei Besprechung der Meeresfarbe sahen wir, dass bei dem Durchtritt der Lichtstrahlen durch eine Wassersäule zuerst und am stärksten die roten Lichtstrahlen absorbiert werden.

Die roten Lichtstrahlen wirken aber besonders günstig auf den Assimilationsprozess in grün gefärbten Pflanzen-

teilen, während die grünen und blauen Strahlen den Assimilationsvorgang in roten Pflanzenteilen begünstigen.

Entsprechend dieser Thatsache findet man nun die grün gefärbten Algen in seichtem Wasser, während die Mehrzahl der rot gefärbten Algen die grösseren Tiefen des Meeres bewohnen.

Die Meerespflanzen lassen sich leicht in zwei Gruppen, in festsitzende und freischwimmende, teilen, die ersteren gehören dem Benthos, die letzteren dem Plankton an.

Die Pflanzen des Plankton sind lange Zeit nur wenig bekannt gewesen, obwohl sie in ungeheuren Massen in den oberen Wasserschichten und bis 2000 m Tiefe angetroffen werden. Und doch spielen sie eine ungemein wichtige Rolle im Haushalt des Meeres. Begabt mit einem überaus kräftigen Fortpflanzungsvermögen, vermehren sie sich so rasch, dass sie ganze Meere dicht bevölkern; die Diatomeen treten im Eismeere in solchen Massen auf, dass das Meer schlammig werden kann, *Pyrocystis* erfüllt in ähnlicher Weise ganze Teile in wärmeren Meeren; die Planktonpflanzen liefern den grössten Teil der „Urnahrung" und sind infolgedessen die notwendige Voraussetzung des Lebens im Ozean.

Fig. 29. *Procytella primordialis.*

Die einfachsten Planktonpflanzen sind einzellige Algen aus der Gruppe der Chromaceen. Die 0.001 bis 0.012 mm grossen Kügelchen entsprechen je einer Zelle und enthalten einen grünlichen Kern. Man findet sie in den kälteren Gebieten des Weltmeeres in ungeheuren Mengen schwimmend. Sie bilden die Nahrung kleiner Krebschen, von denen wiederum die Wale leben, so dass die Existenz

dieser grössten aller lebenden Tiere an das Auftreten der kleinsten mikroskopischen Pflanzen geknüpft ist.



Fig. 30. *Coccosphaera*, tausend Mal vergrössert.

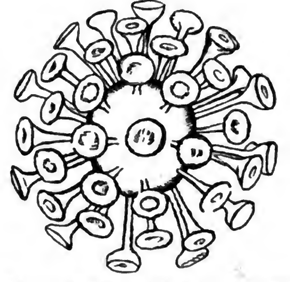


Fig. 31. Rhabdosphära, stark vergrössert.

In Fig. 30 ist eine *Coccosphaera* aus der Gruppe der Calcocyteen dargestellt, bestehend aus einer schleimigen minimalen Kugel, in deren Oberfläche zierliche Kalkplättchen eingelagert sind. Diese Kalkplättchen zeigen meist zwei nebeneinanderliegende Knöpfe, um welche konzentrische Linien verlaufen. Nach dem Tode der Alge fallen die Kalkplatten zu Boden und finden sich als „Kokkolithen" in Menge in dem Kalkschlick der Tiefsee.

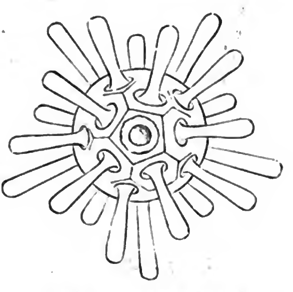


Fig. 32. Rhabdosphära, stark vergrössert.

Fig. 31 u. 32 stellen Rhabdosphären dar. Hier trägt jede Kalkplatte statt des Knopfes einen zierlichen Stab. Diese Kalkstäbe fallen nach dem Tode der Pflanze aus einander

und werden vereinzelt als „Rhabdolithen“ in Tiefsee-sedimenten gefunden.

Eine sehr häufige Alge aus der Gruppe der Murracyteen ist in Fig. 33 dargestellt: es ist *Pyrocystis pseudonoctiluca*. Der gelbliche Körper dieser Alge ist von einer glashellen Kapsel umgeben, in welcher das Protoplasma als

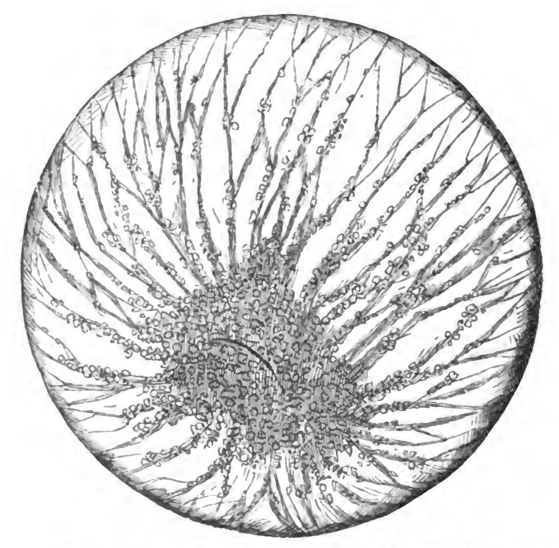


Fig. 33. *Pyrocystis pseudonoctiluca*, 160 Mal vergrössert.

vielverzweigtes Netz aufgespannt ist. *Pyrocystis* leuchtet sehr intensiv und das diffuse Meerleuchten wärmerer Ozeane wird wesentlich durch diese Alge hervorgerufen.

Die Diatomeen, deren mit zierlichen Kieselschalen umgebene Zellen den grünlichen Schlamm in unseren Bächen

und Teichen erfüllen, fehlen auch im Meere nicht. Wenn man Austernschalen in Wasser abspült und den Bodensatz unter dem Mikroskop betrachtet, so wird man eine reiche Fülle der schönsten Diatomeen darin finden, welche, benthonisch lebend, auf Pflanzen oder auf Steinen am

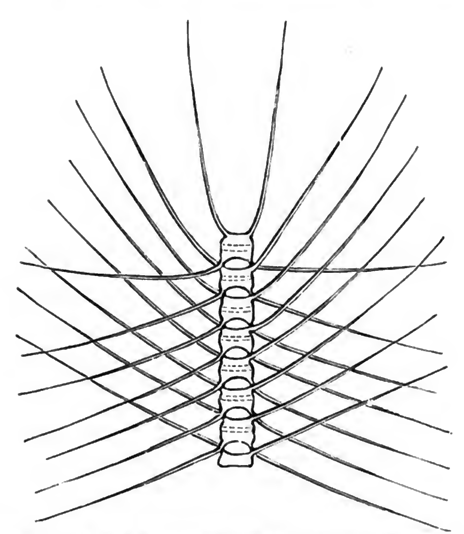


Fig. 34. Kette von Meeresdiatomeen *(Chaetoceras dispar)*, 370 Mal vergrössert.

Meeresgrunde auftreten. Aber auch das Plankton enthält viele schöne Diatomeen, die, meist durch lange Kieselnadeln verziert, einen reizenden Anblick gewähren. Fig. 34 stellt eine Kette solcher Formen dar, aus der Gruppe der *Chaetoceras dispar,* welche in dem antarktischen Ozean massenhaft angetroffen wird. Oft ist dort die See schwarz-

grün *(black water)* von lauter Diatomeen, deren Kieselpanzer den Meeresboden in grossen Tiefen bedecken und den „Diatomeenschlick“ bilden.

Viele niedere Seetiere enthalten in ihrem Gewebe eigentümliche „Gelbe Zellen“ oder Xanthellen, welche für den Stoffwechsel dieser Tiere von hoher Bedeutung sind (Fig. 35). Hält man Seerosen (welche grosse Mengen von Xanthellen enthalten) in filtriertem Seewasser im Dunkeln,

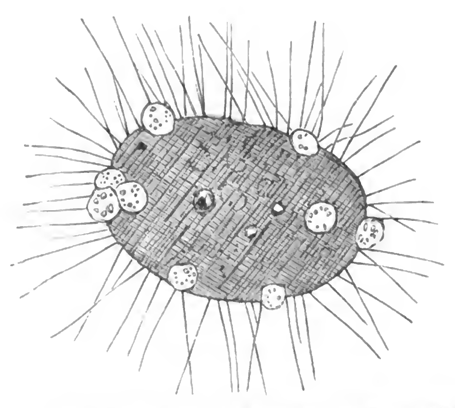
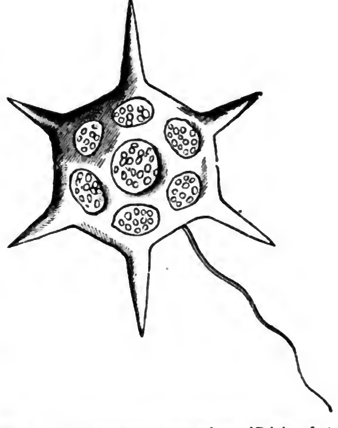


Fig. 35. Ein Sphaerozoum mit Xanthellen, 320 Mal vergrössert.

so sterben sie nach einigen Tagen; hält man sie aber im Sonnenlicht, so leben sie ruhig weiter, ohne anderer Nahrung zu bedürfen. Das Rätsel erklärt sich in der Weise, dass die Xanthellen im Sonnenlicht assimilieren, aus der im Seewasser enthaltenen Kohlensäure organische Verbindungen bilden, welche den Geweben der Seerosen direkt als Nahrung zu gute kommen. Schliesst man das


Fig. 36. *Distephanus speculum (Dictyoche)*, 100 Mal vergrössert.

Licht ab, so hört der Assimilationsprozess der gelben Zellen auf und die Aktinie stirbt wegen Mangels an Nahrung. Die Xanthellen finden sich nun nicht nur in den Zellen mancher Planktontiere (die in Fig. 35 dargestellte Radiolarienzelle enthält deren neun Stück), sondern man beobachtet sie auch häufig freilebend im Plankton der See.

In Fig. 36 ist eine Kieselalge aus der Gruppe der Dictyochen, namens *Distephanus speculum*, dargestellt. Bis vor kurzem stellte man sie zu den Radiolarien, doch wurde später die vegetabilische Natur derselben erkannt. Sie sind häufig im Plankton zu finden.

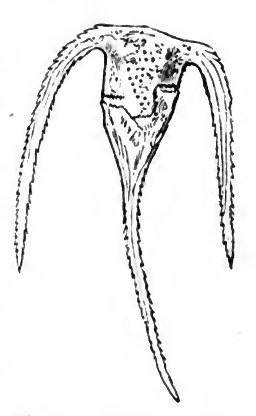

Fig. 37. *Ceratium tripos*, vergrössert.

Fig. 37 ist eine in grossen Schwärmen auftretende Alge aus der Gruppe der Peridineen. Sie beteiligen sich stark am Meerleuchten.

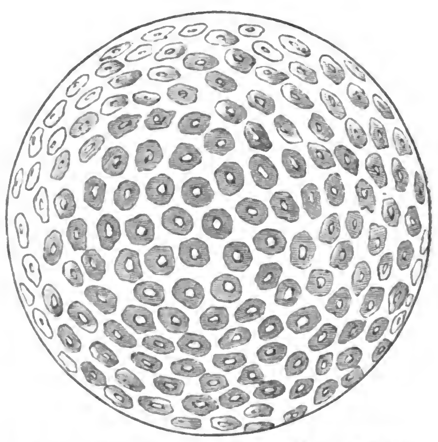


Fig. 38. *Halosphaera viridis*, 120 Mal vergrössert.

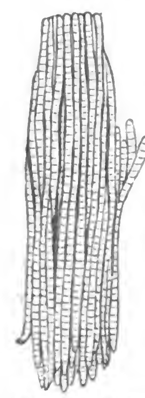


Fig. 39. *Trichodesmium erythraeum*, 160 Mal vergrössert.

Die Halosphaeren sind deshalb bemerkenswert, weil man sie nicht nur an der Oberfläche des Meeres, sondern auch in 2000 m Tiefe gefangen hat. Die in Fig. 38 dargestellte *Halosphaera viridis* ist in Sporenbildung begriffen. Jeder der einzelnen Punkte im Innern der Kugel wächst zu einer neuen Alge heran.

Ein gewisses historisches Interesse beansprucht Fig. 39, *Trichodesmium erythraeum*, eine Fadenalge von roter Farbe, deren Flöckchen gelegentlich in solchen Massen im Roten Meere beobachtet werden, dass die Annahme gerechtfertigt erscheint, den Namen des Meeres davon herzuleiten.

Wir haben schon mehrfach der gelbgrünen Tangbüschel gedacht, welche im Golfstrom treibend angetroffen werden und daher zum Plankton mitgerechnet werden müssen.



Fig. 40. *Sargassum bacciferum*, verkleinert.

Es ist das Golfkraut, *Sargassum bacciferum* (Fig. 40), welches, ursprünglich an den Ufern des Antillenmeeres wachsend, durch die Wellen abgerissen und durch den Golfstrom weit ins Meer hinaus verfrachtet wird. Wo die Strömung nachlässt, da sammelt es sich im Laufe der Zeiten an, und so giebt es verschiedene Regionen des Atlantik, Indik und Pazifik, welche durch eine Menge treibender Tangbüschel ausgezeichnet sind. Die übertriebenen Schilderungen älterer Seefahrer haben daraus Sargasso-Meere gemacht und fabelten von Seetangwiesen, welche das Fortkommen der Schiffe hindern. Richtig ist

nur, dass diese treibenden Tange an solchen Stellen häufiger schwimmend angetroffen werden und eine ziemlich reiche Fauna beherbergen.

So verknüpft *Sargassum* das Plankton mit dem Benthos, mit dem wir uns jetzt zu beschäftigen haben.

Je nach dem vorherrschenden Farbstoff in den Zellen, kann man die festsitzenden Meeresalgen in drei Gruppen teilen, in grüne, rote und braune.

Die Grünalgen sind ungemein häufig, sie überziehen als dichte Rasen Sand und Steine, Klippen und Felsen, und sind von einer so staunenswerten Formenmannigfaltigkeit, dass wir hier kaum die wichtigsten Typen erwähnen können. Bald bewundern wir die zarten Rasen fadenförmiger Vaucherien, bald die grossen zackigen Blätter der Caulerpa oder das filzige Gewebe eines faustgrossen Codium.

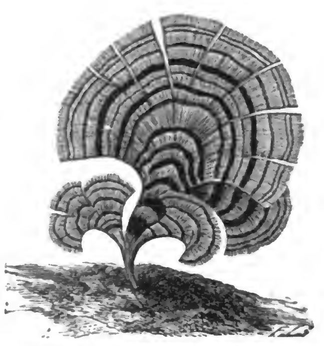


Fig. 41. *Zonaria pavonia.*

Noch schöner und graziöser sind die roten Algen oder Florideen, deren karminrote Federbüsche, auf weissem Papier ausgebreitet und getrocknet, in allen Seebädern verkauft werden. Wie ein feines Spitzengewebe oder ein fein gekräuseltes Seidenband erscheinen die zierlichen Blätter, die bald zart rosa, bald intensiv karminrot gefärbt sind. Gattungen wie Zonaria (s. Fig. 41), Ptilota, Delesseria, Rhodymenia u. a. gehören

zu dem schönsten, was das Meer uns bieten kann, und eine Wanderung am Strande nach stürmischem Wetter lässt uns selten ohne willkommene Beute. In einer flachen Wasserschüssel auf ein Blatt Papier ausgebreitet, können wir sie leicht mit dem Papier herausheben und, im Schatten getrocknet, als freundliches Andenken bewahren.

Von den über 50 Gattungen der Florideen interessieren uns aber besonders diejenigen, welche die Fähigkeit besitzen, in ihrem Gewebe Kalk abzuscheiden und ihre

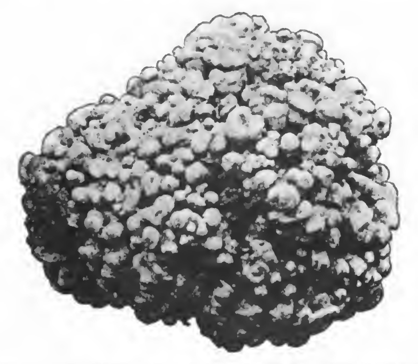


Fig. 42. *Lithothamnium racemus*, auf die Hälfte verkleinert.

Zellwände so mit Kalksalzen zu beladen, dass 90 % der Pflanzenmasse aus kohlensaurem Kalk besteht.

Diese sogen. Kalkalgen oder Nulliporen finden sich in Tiefen von 1—80 m in allen Meeren. Ihre faustgrossen warzenbesetzten Knollen (s. Fig. 42) bedecken den Meeresboden an der Küste von Novaja-Semlja ebenso wie sie auf den Koralleninseln im Tropenmeere in ungeheurer Menge gefunden werden. Auf gewissen submarinen Inseln

im Golf von Neapel, die bei Behandlung der vulkanischen Inseln noch näher besprochen werden sollen, kann man an manchen Stellen nicht dredgen, ohne dass das Netz mit hunderten der rosaroten, steinharten Lithothamniumknollen gefüllt heraufkäme. Sie bilden weit ausgedehnte Lager und spielen eine grosse Rolle bei der Entstehung der marinen Kalkfelsen. Wenn man die Häufigkeit dieser Kalkalgen in allen Meeren der Gegenwart bedenkt und sich erinnert, dass die lebende Alge 90 % Kalk enthält, so wird es begreiflich, dass auch in der Vorzeit ähnliche Kalklager gebildet wurden und dass mächtige Kalkbänke nur aus solchen Algen bestehen. Bei Wien sind viele Steinbrüche in solchen Algenkalken angelegt. Die berüchtigten Latomien bei Syrakus sind in Algenkalke eingesenkt und wahrscheinlich giebt es noch viele Kalkgesteine, die als phytogen betrachtet werden müssen.

Eine dritte Gruppe von Algen, mit einem braunen oder olivengrünen Farbstoff versehen, sind die Braunalgen oder Seetange. Dieselben sind an felsigen Küsten aller Meere häufig, aber ihre Hauptverbreitung und ihre grösste Entwickelung erreichen sie in den kalten Meeren. An der Küste von Patagonien finden sich wahre Wälder von *Macrocystis pyrifera*, deren einzelne Pflanzen bis 300 m lang werden. Die Laminarien (s. Fig. 15) bei Helgoland mit ihren 3 m langen Blättern haben wir schon geschildert, auch die an nördlichen Küsten so häufigen Blasentange, *Fucus vesiculosus*, und den Beerentang, *Sargassum bacciferum* der tropischen Gestade.

Alle bisher besprochenen Pflanzen sind nicht nur Bewohner, sondern auch Kinder des Meeres; der Ozean

ist ihre Heimat, in der sie entstanden sind. Das kann man von der Familie der Seegräser nicht sagen. Sie waren einstmals Landpflanzen und haben sich erst allmählich an den Aufenthalt im Salzwasser gewöhnt. Die Seegräser sind von sehr übereinstimmender Form; sie besitzen schmale grasartige Blätter von 2 bis 40 cm Länge, welche in Bündel vereinigt aus einem kriechenden Wurzelstocke hervorwachsen (Fig. 43). In seichtem Wasser überziehen sie ausgedehnte Rasenflächen in allen Meeren der warmen und gemässigten Zone. Die etwa 10 Gattungen und 25 Arten verteilen sich auf die zwei Familien der Hydrochariteen und Potameen. Die *Posidonia oceanica* wird bis in Tiefen von 60 m beobachtet, alle anderen leben in ganz flachem Wasser. Manche Arten dringen in die brackischen Flussmündungen hinein, oder leben in halb ausgesüssten Lagunen. Doch können sie in reinem Süsswasser nicht leben, woraus man schliessen darf, dass sie nicht einstmals Süsswassergewächse waren, die sich an das Leben im Meerwasser gewöhnten, sondern dass sie direkt von Landpflanzen zu Meerbewohnern wurden.



Fig. 43. Spross von Seegras *(Zostera marina)*, verkleinert.

Auf einer ähnlichen Wanderung vom Lande nach der See hinaus befinden sich gegenwärtig noch jene

Pflanzen, welche man als „Mangrove-Vegetation“ zusammenfasst.

Die „Mangrove“ oder der „Gezeitenwald“ ist ein hellgrün gefärbter Pflanzensaum von 20 bis 500 m Breite, welcher längs der sumpfigen Küsten tropischer Meere als fortlaufendes Band sich um das Ufer schlingt. Etwa zwanzig verschiedene Pflanzenarten nehmen an der Bildung der Mangrove teil und alle gewähren bei Ebbe denselben sonderbaren Anblick, dass auf einem Pfahlwerk stelzenartiger Wurzeln eine dichtbelaubte Buschdecke aufruht. Die untere Grenze des Laubes ist durch die Flutgrenze gegeben und so markiert der Abstand zwischen dem Blätterdach und dem schlammigen schwarzen Boden den Gezeitenunterschied, wie beifolgendes Ebbebild (Fig. 44) aus dem Malayischen Archipel deutlich erkennen lässt. Bei Flut scheint der Mangrovebusch direkt auf dem Wasser zu schwimmen.

Ein reiches Tierleben findet sich zwischen den Mangrovepflanzen. An den stelzenförmigen Wurzeln sitzen Austern und Balanen. Schnecken *(Neritina)* kriechen auf den Zweigen umher und Scharen von Taschenkrebsen spazieren über den schlammigen Boden. Dazwischen bemerkt man zu hunderten einen fingerlangen Fisch *(Periophthalmus)* (s. Fig. 45 S. 156), welcher uns mit seinen grossen hervortretenden Augen neugierig anglotzt. Doch sobald wir mit der Hand nach ihm greifen, hüpft er mit Hilfe seiner Vorderflossen in kurzen Sätzen über den weichen Schlamm nach dem Wasser und verschwindet rasch unseren Blicken.

So scheint die Mangrove ein Paradies für den Naturforscher zu sein, aber mancher, der allzu eifrig sich in

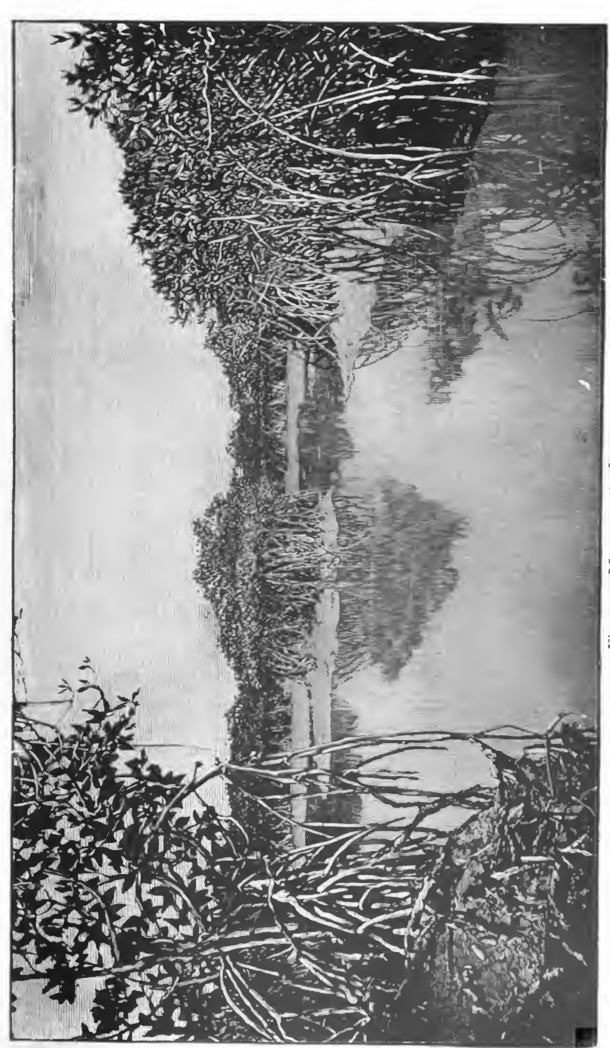


Fig. 44. Mangrove bei Ebbe.

ihre Laubgänge vertiefte, hat seinen Wissenstrieb mit jahrelangem Fieber, vielleicht mit dem Tode gebüsst.

An den unwirtlichen Gestaden der Polarländer findet man nicht selten abgeriebene Baumstämme, Planken und

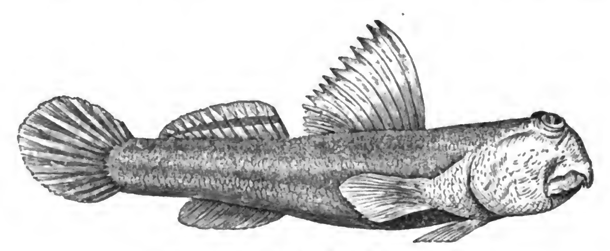


Fig. 45. *Periophthalmus Koelreuteri.*

Samen angespült, welche ihre Herkunft aus fernen Regionen leicht erkennen lassen. Die Samen der mexikanischen *Mimosa scandens* fand man wiederholt auf den Fär-Ör und auf Island. Die Bohnen der westindischen *Entada gigalobium* wurden auf Shoal Point gefunden und zeigen, wie weit der Golfstrom seine Treibkörper zu verfrachten im stande ist.

Die Baumstämme, welche man auf Spitzbergen und Novaja Semlja als sogenanntes Treibholz findet, gehören Lärchenarten an, welche in Sibirien wachsen und welche durch die sibirischen Flüsse zusammen mit Stücken von Lärchenrinde, Kiefernrinde, Birkenrinde und Wacholder nach dem Eismeere geschleppt und durch Meeresströmungen nach jener Küste transportiert worden sind.

---

15. Die Fauna der Flachsee.

Am Ufer des Stillen Ozeans. Taschenkrebse. Einsiedlerkrebse. Litorina. Patella. Chiton. Balanus. Bohrende Seeigel und Bohrmuscheln. Austern. Miesmuscheln. Perlmuscheln. Fauna unter Steinen und auf Riffen. Mimicry. Fauna des Sandes. Siphonaten. Fische. Seezunge. Existenzbedingungen der Flachsee.

In steilen Sandsteinfelsen stürzt das Ufer ab zum Strande des Stillen Ozeans. Ein sonniger Himmel scheint auf die glücklichen Gestade Kaliforniens und die Luft ist so köstlich warm, das Meer so glatt und ruhig, dass wir voll Entzücken uns am Saum des Meeres lagern und träumend dem eintönigen und doch so vielgestaltigen Wogenspiel zuschauen. Langsam heben sich die Kämme der niedrigen Wellen aus der blauen Tiefe hervor, um dann wieder ruhig in die Meeresfläche unterzutauchen. In unermüdetem Wechselspiel naht sich Welle auf Welle dem Strande, eine weisse Schaumkrone schmückt ihre Stirn, sie neigt sich nach vorn und, sich überstürzend, rauscht sie zwischen gewaltigen Steinblöcken daher. Noch einmal schäumt sie zum Ufer empor, dann zieht sie sich behend zurück, um einer neuen Welle Platz zu machen.

So bewegt sich die dunkelblaue Flut in ruhelosem Wechsel auf und nieder, und während wir auf einem

algenbewachsenen Block sinnend und träumend das Spiel der Wogen belauschen, haben wir kaum bemerkt, dass nach einiger Zeit der Schaum schon nicht mehr unsere Füsse benetzt, dass sich das ebbende Meer langsam zurückzieht. Ein Block nach dem andern, über den soeben noch die Spritzwasser schäumten, wird von der Welle nicht mehr erreicht. Tümpel, mit Seewasser gefüllt, bleiben vom Meere abgeschnitten zwischen den Felsen stehen; Tanggebüsche, die wir vorher nicht bemerkten, werden sichtbar und ein Delphin muss sich mühen, um durch die Tangwiesen sich seinen Weg zu bahnen. Ein hoher Fels, der vorher inselgleich aus dem Wasser ragte, kann jetzt fast trockenen Fusses erreicht werden, und bald stehen wir draussen auf der Klippe, welche vor einer Stunde noch vom Meere bedeckt war.

Ein Blick auf die Küste zeigt uns die zerstörende Wirkung der Abrasion. Überall treten steile Felswände dicht ans Meer heran, ein Saum grober Felsblöcke lässt sich ihren Fuss entlang verfolgen, und aus dem niedrigen Wasser der Ebbe ragen überall abgesägte, abradierte Klippen, mit reicher Tangvegetation bewachsen, hervor.

Ein paar grüngefleckte Taschenkrebse huschen eiligst über die Felsen. Sie scheinen sich in der warmen Luft ganz wohl zu fühlen. Bald laufen sie vorwärts, bald rückwärts, dann mit komischen Bewegungen seitwärts, dabei beobachten sie uns mit ihren schwarzen Stielaugen, und sobald wir Miene machen, nach einem zu greifen, flieht er schnell nach einer engen Spalte, um sich darin zu verstecken. Wir folgen ihm mit der Hand, packen ihn endlich an einem Bein und versuchen ihn herauszuziehen —

aber, o Schrecken, wir halten ein abgerissenes Bein in der Hand, und als ob nichts passiert wäre, rennt die Krabbe weiter. Betrachten wir jetzt die Taschenkrebse genauer, die an uns vorbeistolzieren, so sehen wir, dass gar mancher statt zehn nur acht oder neun Beine besitzt, und wenn wir die Sache näher untersuchen, so finden wir, dass die Taschenkrebse die Fähigkeit besitzen, jedes ihrer Beine in einem Gelenke abzuschnüren. Die Krabbe lässt lieber ein Bein im Stich, ehe sie ihr Leben verliert, und nach kurzer Zeit ist ihr ein neues Bein gewachsen.

Dort liegt eine tote Krabbe und um die Leiche herum sehen wir eine ganze Anzahl Schnecken in raschen Bewegungen herumkriechen. Das alte Sprichwort von der Langsamkeit der Schnecken scheint hier seine Bedeutung verloren zu haben, denn diese Schnecken sind flink und hurtig. Wir nähern uns der Stelle, da, mit einem Male, fallen alle Schnecken wie tot nieder und liegen regungslos neben der Krabbenleiche. Wir heben einige derselben auf und zu unserer Verwunderung sehen wir statt der Schnecke einen Krebs im Schneckenhause versteckt. Jetzt klärt sich auch die Geschwindigkeit dieser vermeintlichen Schnecken auf, denn es sind Einsiedlerkrebse, welche ihren ungepanzerten weichen Hinterleib dadurch vor Verletzungen schützen, dass sie ihn in einem leeren Schneckenhaus verstecken. Am Ufer des Roten Meeres kann man tausende solcher Einsiedlerkrebse in allen denkbaren Grössen am Strande herumspazieren sehen, und possierlich ist die Angst eines solchen, wenn man ihn aus seiner Wohnung herauszieht, und ihn schutzlos auf den Strand setzt. Im Bewusstsein seines leicht verletzbaren Hinterleibes schleicht

er ängstlich dahin, bis er eine leere Schneckenschale findet, oder bis es ihm gelungen ist, einen schwächeren Stammesgenossen aus seiner Wohnung zu vertreiben.

Betrachten wir jetzt die bei Ebbe trocken liegenden Felsflächen, so sehen wir dieselben bedeckt mit Meerestieren, welche gleich den Krabben und Einsiedlerkrebsen die Fähigkeit besitzen, längere Zeit ohne Wasser zu leben.

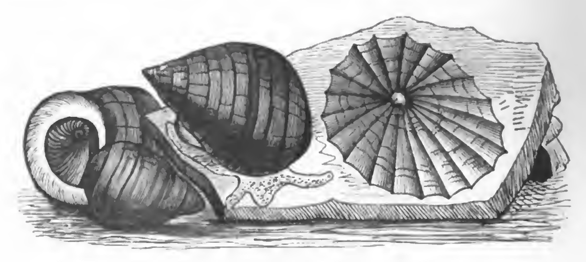


Fig. 46. *Litorina* und *Patella*.

Nussgrosse Schnecken *(Litorina)* (s. Fig. 46) sitzen zu hunderten auf den sonnenbeschienenen Felsen, gross und klein nebeneinander, und haben die Mündung ihrer Schale mit einem Deckel so gut verschlossen, dass sie keine Beschwerde fühlen. Dazwischen bemerken wir kleine, napfähnliche Schnecken, welche so fest auf ihre Unterlage angepresst sind, dass wir die Spitze unseres Messers leicht abbrechen, wenn wir versuchen, die *Patella* abzulösen. Man könnte ein Gewicht von 3 Kilo an die Schale hängen, ehe man sie vom Felsen abreissen würde. Dagegen erschreckt ein kräftiger Hammerschlag auf das Gestein die *Patella* so, dass wir sie leicht unserer Sammlung einverleiben können.

Daneben sitzen Käferschnecken *(Chiton)* (s. Fig. 47), deren Rücken mit acht Kalkplatten gepanzert ist, nicht minder fest wie die Patellen.

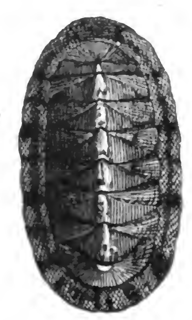


Fig. 47. *Chiton.*

Manche Felsflächen sind ganz überzogen mit den weissen, grauen oder rötlichen Seeblattern *(Balanus)*, welche ihre Kalkgehäuse so fest verschliessen, dass ihnen die Trockenheit nicht schadet. Sie gehören zu der Klasse der Krebse, leben in ihrer Jugend als kleine Krebschen im Wasser freibeweglich, dann setzen sie sich fest und bilden jenes zeltförmige Gehäuse von Kalkplatten, das ihren Körper vollkommen umgiebt.

Wenden wir uns jetzt jener Lebenszone zu, welche bei Ebbe noch vom Wasser bespült wird, so finden wir hier ein ungemein reiches Tierleben. Die Mehrzahl der dort lebenden Tiere besitzt die Fähigkeit sich in die Felsen einzubohren oder an den Felsen festzukleben. Sie begegnen dadurch den Angriffen der Brandung, und wo die Brandung am stärksten ist, wo ihnen die bewegten Wellen am meisten Nahrungsbestandteile zuführen, da gedeihen sie am besten. An einer Klippe, welche der Brandung besonders stark ausgesetzt ist, direkt unter dem Leuchtturm, welcher vorbeifahrende Schiffe vor der gefährlichen Küste warnt, sehen wir ganze Strecken der Felsen von faustgrossen Löchern angebohrt und in jedem Loch bemerken wir den Seeigel, welcher sich langsam diese Wohnung gegraben hat (s. Fig. 48 u. 49 S. 162 f.). Wie viel tausendmal mag er sich in derselben herumgedreht haben,

um sich eine solche Höhle zu vertiefen, dass wir nicht einen einzigen hervorzuholen imstande sind, wenn wir nicht mit kräftigem Hammerschlag den Felsen zertrümmern.

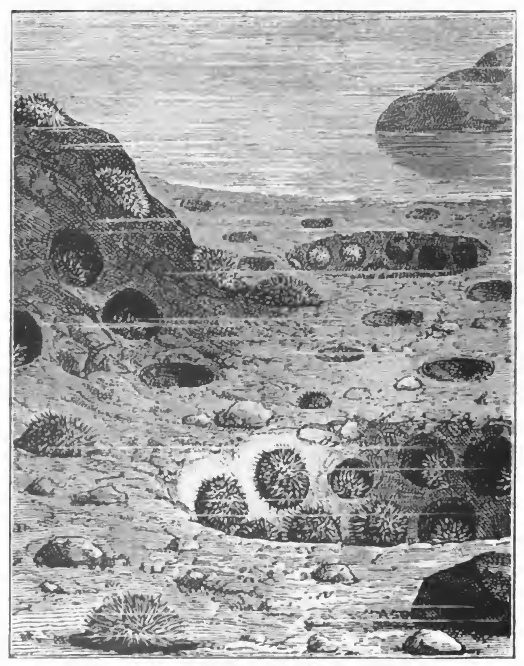


Fig. 48. Strandfelsen mit bohrenden Seeigeln.

Daneben ist der Felsen ganz durchlöchert von den fingerlangen Höhlungen, in denen Bohrmuscheln hausen. Wir haben die Bohrmuscheln schon kennen gelernt bei Besprechung der Strandlinien. Hier mag noch erwähnt werden, dass *Pholas* Kieselkrystalle in ihrem Fusse hat,

welche das Bohren sehr unterstützen mögen, *Lithodomus* dagegen entbehrt derselben und bohrt nur mit Hilfe ihres fleischigen Fusses. Der ganze Vorgang beruht wesentlich darauf, dass die Gewebe des Muschelfusses ersetzt werden,

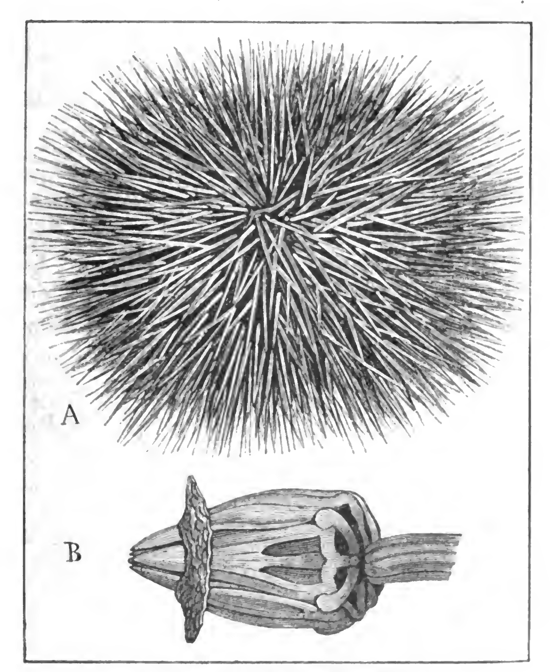


Fig. 49. Der Seeigel und sein Kauapparat.

während das Gestein nicht nachwächst, so dass die geringe Kraft des wetzenden Fusses hinreicht, um selbst in das härteste Gestein ein tiefes Loch hineinzubohren.

Auch Schwämme und Würmer findet man eingebohrt in die Felsen des Strandes.

Viele Strandbewohner kleben sich mit ihrer Kalkschale direkt auf dem Felsen fest. Die spitz zulaufenden wurmförmigen Röhren von *Serpula* bedecken Steine und tote Muschelschalen, und an der Küste von Pernambuco ist ein ganzes Riff aufgebaut aus den vielverschlungenen Kalkröhren dieses Wurmes. Mooskorallen und Riffkorallen wachsen in dichten Rasen auf felsigem Grunde und Austern bilden ausgedehnte Bänke, indem sich eine Schale auf der anderen anheftet. Von allen Meerestieren ist wohl keins so gut im Binnenlande bekannt wie diese Muschel. Hunderte von Arten leben und lebten in den Meeren der Gegenwart wie der Vorzeit, und dass die Ureinwohner Europas und Amerikas die Auster liebten, davon zeugen die grossen Haufen aufgebrochener Austernschalen, die man an den Küsten findet. An einem unbewohnten Ufer des Potomac, weit unterhalb Washingtons ist ein Lager von Austernschalen etwa 3 m hoch und 50 m lang.

Von den essbaren Arten sind *Ostrea edulis* an unsern europäischen Küsten, *O. adriatica* von Venedig, und *O. virginiana* von Nordamerika am bekanntesten. Die Austernbänke befinden sich 2 bis 40 m tief auf felsigem oder sandigem Grunde, und nachdem die junge Brut sich einige Zeit in der Kieme („Bart“) des Muttertieres entwickelt hat, setzt sie sich am Meeresboden fest und wird nach drei bis zehn Jahren marktfähig. Wie beistehende Karte (Fig. 50) zeigt, sind die 45 Austernbänke von Nordfriesland längs der tieferen Stromrinnen im Wattenmeere verteilt. Die Ostsee ist für Austern ungeeignet,

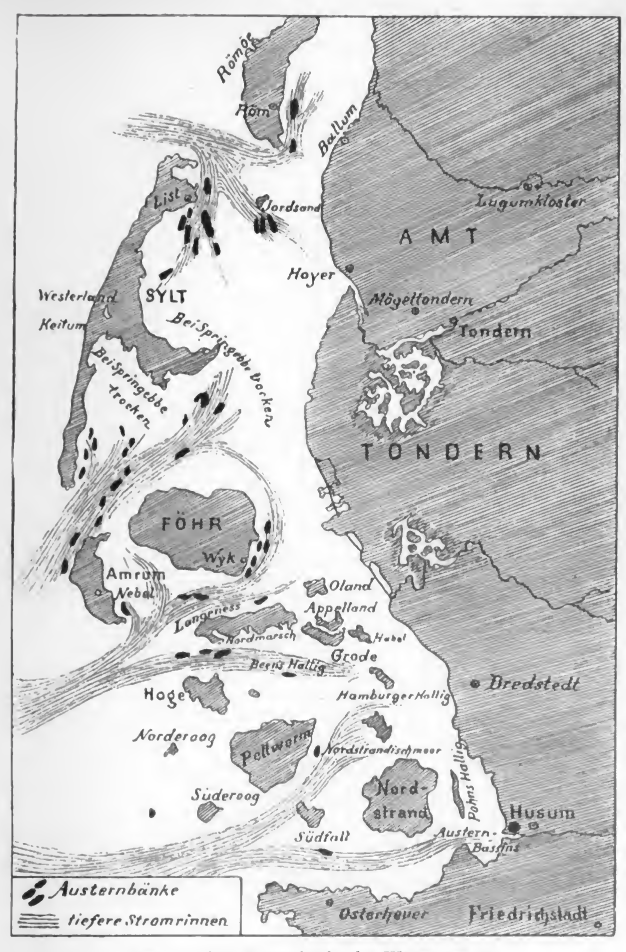


Fig. 50. Die Austernbänke des Wattenmeeres.

da sie keine Gezeiten hat und ihr Wasser zu salzarm ist. An manchen Küsten hat man sogenannte Austernparks angelegt, in welchen die Austern vor dem Versand gemästet werden.

Andere Muscheltiere befestigen sich dadurch an den Felsen des Meeresgrundes, dass sie ein Bündel fester seideartiger Fäden, den sogenannten Byssus, ausscheiden und sich mit ihrer Hilfe anheften. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Miesmuschel, welche zu tausenden nebeneinandersitzend an nordischen und südamerikanischen Küsten ein blauschwarzes Band längs der Strandfelsen bildet. So dicht sitzen grosse und kleine *Mytilus* nebeneinander, dass sie an manchen Küsten Englands dem Strande einen wirksamen Schutz gegen die Angriffe der Abrasion gewähren. *Mytilus* gewöhnt sich leicht an den Aufenthalt in schwachsalzigem Wasser und bekanntlich werden die Miesmuscheln in der Kieler und Apenrader Bucht an Bäumen, die man in den Meeresschlamm hineinsteckt, künstlich gezogen und bilden einen wichtigen Handelsartikel. Miesmuscheln, welche in stagnierendem sumpfigen Wasser gezogen wurden, enthalten bisweilen ein gefährliches Gift, Mytilotoxin.

Von den, mit einem Byssus am felsigen Meeresboden befestigten Muscheln ist wohl am bekanntesten die Perlmuschel, welche in seichtem Wasser (5—20 m) warmer Meere gefunden wird. Die Perlmuschel des Roten Meeres heisst *Meleagrina margaritifera*, sie wird bis 20 cm gross und wird durch arabische Taucher auf den Korallenriffen erbeutet. Die berühmten indischen Perlenbänke liegen in der Palkstrasse (zwischen Ceylon und Indien) bei Tuticorin

und Aripo, und werden von der nur 10 cm grossen *M. fucata* bewohnt, während man an den Antillen eine *M. squamulosa* findet. Im Jahre 1888 wurden bei Tuticorin an einem Tage durch 41 Taucherboote 241 000 Perlenmuscheln erbeutet. Die Perlen werden ausgelesen, die Perlenmuschel als Perlmutter verkauft.

Wenden wir jetzt unsere Aufmerksamkeit von den Felsen der Steilküste den Blöcken zu, welche im seichten Wasser zerstreut liegen, so werden wir nur wenige umdrehen, ohne unter ihnen eine grosse Fülle der interessantesten Tierchen zu finden. Hier ist das Reich der Seesterne, Schlangensterne, der Krebse und besonders der Schnecken. In wunderbarem Formen- und Farbenreichtum finden wir hier kleine und grosse Schnecken. Kleine Fischchen huschen davon, wenn wir einen Stein umgedreht haben, und halb im Sande vergraben, sehen wir Seerosen und Würmer.

Wir treten auf einen grossen Felsblock und greifen nach den Tangbüscheln, welche neben ihm wachsen. Auch hier überrascht uns eine reiche Fauna wundersamer Geschöpfe, Bryozoen, Schnecken, Würmer und Krebse, welche auf den Tangblättern ihre Nahrung finden.

Am schönsten freilich und am mannigfaltigsten ist die Seichtwasserfauna auf den Korallenriffen der tropischen Meere entfaltet; und wer einen Blick thun will in die Fülle mariner Schönheit, wer erfahren will, was Tierreichtum heisst, der muss mit geschultem Blick tage- und wochenlang auf einem Korallenriff (Fig. 54) herumfahren und herumwandern, muss tauchen und tauchen lassen nach den seltsamen Geschöpfen des Meeres, und täglich wird er neue Formen entdecken. Freilich gehört ein geübter

Blick dazu, solche Riffbewohner zu entdecken. Denn so wie die meisten Raupen oder Schmetterlingspuppen in ihrer Farbe und Form so der Pflanze angepasst sind, auf welcher sie leben, dass nur der geübte Sammler sie zu sehen vermag, so sind auch die Mehrzahl der Riffbewohner so angepasst an ihre Umgebung, zeigen so seltsame Beispiele von „Mimicry", dass nur der scharfe Blick des Kenners sie sieht und findet. Bei Besprechung der Korallenriffe werden wir dieser korallophilen Fauna noch zu gedenken haben.

Gegenüber der grossen Zahl von Meerestieren, welche an felsigen Küsten wohnen, ist die Fauna der Flachküsten ziemlich ärmlich. An dem sandigen Strande der Nordsee können wir lange dahinwandern, ehe wir ein lebendes Tier finden, meist beobachten wir nur ausgeworfene tote Muschelschalen oder die Reste von Planktontieren, welche während eines Sturmes an den Strand geschleudert worden sind. Die Mehrzahl der sandbewohnenden Tiere leben im Sande vergraben, so dass sie oberflächlich nicht sichtbar sind und von der Wellenbewegung nicht getroffen werden.

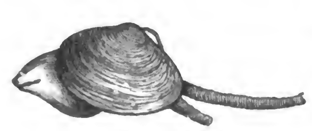


Fig. 51. *Tellina*, links der Fuss, rechts die Siphonen.

Ein grosser Teil der Muscheln sind Sandbewohner, besonders die mit langen Atemröhren versehenen Siphonaten. Diese besitzen zwei Röhren, oft 10 und 30 cm lang (s. Fig. 51), welche sie aus der Tiefe durch den Sand bis zur Wasserfläche heraufstrecken, um durch dieselben zu atmen und Nahrung aufzunehmen. Wenn wir mit einem

Spaten den Meeressand tief genug aufgraben, so werden wir sandbewohnende Muscheln oder Würmer leicht finden, selbst wenn die Oberfläche des Sandes keine Spuren organischen Lebens zeigte.

Auch manche Fische haben die Gewohnheit, sich in den Sand einzuwühlen, so dass nur die Augen hervorschauen, um die ahnungslos darüber hingleitenden Tiere mit raschem Biss zu erfassen. Andere Fische liegen regungslos auf dem Sande, und ihre Oberfläche ist dann meist marmoriert, während ihre Unterseite hell und ohne Zeichnung ist. Die bekannten Seezungen und Schollen sind solche Sandbewohner, welche dadurch merkwürdig sind, dass ihre Unterseite nicht dem Bauche, sondern der linken oder rechten Körperseite entspricht. Als junge Fischchen schwimmen sie aufrecht durchs Wasser, dann gewöhnen sie sich an, auf der linken Seite zu liegen. Diese linke Seite wird farblos, während die andere, rechte Seite eine dunkle Zeichnung erhält. Zugleich wandert das linke Auge durch den Schädel hindurch nach der oberen, rechten Seite, so dass die ausgewachsene Seezunge beide Augen auf der rechten Seite hat.

Betrachten wir die allgemeinen Charaktere der litoralen Existenzbedingungen, so finden wir zuerst die geringe Tiefe des Wassers, welche eine Reihe von Eigentümlichkeiten der Strandfauna bedingt. Die geringe Wassertiefe begünstigt ein reiches Pflanzenleben, und alle pflanzenfressenden Tiere sind daher auf diese Zone beschränkt. Licht und Luft sind in Überfluss vorhanden, und wirken fördernd auf die Entwickelung der Fauna ein.

Als zweiten Faktor lernen wir die Bewegung des Wassers kennen, welche viele Tiere veranlasst, sich mit besonderen Haftorganen an die Felsen anzuklammern. Balanus, Austern, Ascidien u. a. wachsen auf dem felsigen Grunde fest. Patella, Chiton, Haliotis heften sich mit ihrem fleischigen Fusse an, Mytilus, Arca befestigen sich mit Hilfe ihrer Byssusfäden, Seeigel, Bohrmuscheln graben sich Löcher in das Gestein. So ist die Oberfläche der Steilküsten bedeckt mit einer reichen Fauna festsitzender Tiere, und keine noch so heftige Brandung vermag dieselben loszureissen.

Die Bewegungen der Gezeiten veranlassen viele solcher festsitzender Tiere, eine Zeit lang ausser Wasser zu leben, und eine Fülle verschiedenartiger Einrichtungen schützt die Litoralfauna vor der Einwirkung der Trockenheit. Fest schliessen Austern und Mytilus ihre Schalen auf einander, welche an keiner einzigen Stelle klaffen. Litorina bewahrt ihre Schale durch einen Deckel, welcher sich so dicht anlegt, dass kein Wasser verdunstet, Actinien und Korallen scheiden einen Schleim aus, der ihre Oberfläche vor dem Eintrocknen schützt.

Keine andere Region des Meeres zeigt eine solche Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen, wie die Flachsee. Jede Bucht ist von der benachbarten unterschieden; bald ist der Boden steinig, bald mit Sand bedeckt; bald ist die Küste dem Sturm zugänglich, bald bildet sie einen ruhigen Hafen; hier wird sie von Meeresströmungen bespült, dort münden Süsswasserströme hinein; überall wechselt der Charakter des Landes. Eine Folge hiervon ist die grosse Mannigfaltigkeit der Fauna, welche im ganzen Gebiet des Meeres ihres gleichen nicht wieder findet.

16. Die Tiere des Plankton.

Durchsichtiges Element. Durchsichtige Gewebe. Glänzende Oberfläche. Blaue Farben. Wasserreichtum. Hydrostatische Apparate. Vertikale Wanderung. Medusen der Hinlopenstrasse. Planktonlarven. Natürliche Auslese. Pelagisches Plankton. Noctiluca. Globigerina. Medusen. Siphonophoren. Ctenophoren. Zonarisches Plankton. Wanderungen. Schliessnetz. Meerleuchten. Leuchtender Schleim.

Kaum kann es einen grösseren Gegensatz geben, als zwischen den Existenzbedingungen des felsigen Küstengebietes und denen der offenen See. Dort steiniger oder sandiger Boden von verschiedener Konsistenz und Farbe, bedeckt mit üppigem Pflanzenleben, jede Küste anders, jede Bucht von der anderen verschieden, — hier, auf offener See, als einzige Umgebung: blaues durchsichtiges Wasser, das über die ganze Erde hin seine Beschaffenheit kaum ändert, das nach unten in die dunkelen Abgründe der Tiefsee sich fortsetzt, nach oben begrenzt wird von der reinen, frischen Seeluft.

Kein Wunder, dass infolgedessen die Tiere des Plankton meist kosmopolitisch sind, dass sie ein ungeheueres Verbreitungsgebiet besitzen, und gegenüber der grossen Verschiedenheit in den biologischen Typen der Flachsee eine merkwürdige Organisationsähnlichkeit besitzen.

Die Tiere*) des Plankton sind meist glashell durchsichtig, so dass die Lichtstrahlen fast ungehindert durch ihre Gewebe passieren. Häufig sind daneben blaue Farben, und das Blau der *Physalia* oder *Velella* wetteifert mit dem Azur des reinen Seewassers. Bei manchen Planktontieren sind die Augen und der Darmnucleus mit einem silbernen Überzug versehen, und die kleinen Radiolarien glitzern wie zarte Sternchen im Seewasser. Wie reizend ist das Blau des kleinen Krebses *Saphirina*, der seinen Namen wahrlich mit Recht trägt; und nur die mit giftigen Nesselorganen bewaffneten Quallen bedecken sich oftmals mit bunten Schreckfarben.

Im Zusammenhang mit der Durchsichtigkeit der meisten Planktontiere steht die Zartheit und der Wasserreichtum ihrer Gewebe. Ein *Cestus Veneris* von 100 gr schrumpft beim Trocknen zu einem kleinen Körper von etwa 3 gr zusammen, alles übrige war Wasser. So besitzen sie ungefähr das gleiche spezifische Gewicht wie das sie umgebende Seewasser und schweben ohne Mühe in der klaren Flut. Zur Unterstützung des passiven Schwimmens haben sie vielfach hydrostatische Organe, Luft- und Schwimmblasen. Ein geringes Zusammenziehen des Luftsackes durch zarte Muskeln genügt, um das Tier sofort schwerer zu machen und es langsam in tiefere Wasserschichten zu versenken. Organe für horizontale Fortbewegung besitzen nur wenige Gruppen. Die meisten lassen sich von den Wellen willenlos treiben. Dafür können sie mit Hilfe des hydrostatischen Organes leicht die vom Sturme bewegten obersten Wasser-

*) Da in einem folgenden Bande der Naturw. Bibl. die Tierwelt der Hochsee ausführlich geschildert werden wird, konnte hier von Abbildungen abgesehen werden.

schichten mit den ruhigeren Regionen der Tiefe vertauschen, und solche vertikale tägliche oder seltnere Wanderungen gehören zu den charakteristischen Eigenschaften des Plankton.

Brennt die Tropensonne zu heftig auf die Wasseroberfläche, türmen sich Wetterwolken auf und erregt der Sturm das glatte Meer, dann versinkt rasch die Planktonfauna in die Tiefe, und leblos scheint die Meeresoberfläche. Wenn aber bei dunkler Sommernacht das Meer ruht und kein Wind seine Fläche kräuselt, dann kommen die Kinder der Tiefe heraufgestiegen, jedes bringt sein mildes Licht mit sich und im Glanze von tausenden der zarten Geschöpfe funkelt das leuchtende Meer bis zum fernen Horizont.

Der leider zu früh verstorbene Zoologe A. Walter machte in der Hinlopenstrasse auf Spitzbergen die Beobachtung, dass dort eine Meeresströmung in südlicher Richtung verläuft. In diesem Strome leben viele Medusen *(Codonium, Hippokrene, Catablema)*, die Walter von morgens bis abends 8 Uhr nur in Tiefen von 30 bis 80 m fing. Von abends 9 Uhr ab, bis morgens 6 Uhr fand er dieselben Formen an der Oberfläche des Meeres schwimmend. Diese Thatsache erscheint nicht so wunderbar, wenn wir erwägen, dass die meisten Planktontiere warmer Zonen am Tage in die Tiefe des Meeres versinken, um nachts an die Oberfläche zu steigen. Und da die Meeresströmung der Hinlopenstrasse der letzte Arm eines Golfstromastes ist, so scheint das periodische Wandern des Plankton leicht verständlich.

Aber bei Spitzbergen herrscht im Sommer ununterbrochen Tag; die Mitternachtssonne scheint vom Frühsommer bis zum Herbst, und das periodische Aufsteigen

des Plankton erklärt sich nur dadurch, dass jene Golfstrommedusen, die aus südlichen Meeresteilen nach dem Lande der Mitternachtssonne eingeführt wurden, noch mit grosser Zähigkeit an einer in den neuen Heimstätten gänzlich zwecklos erscheinenden Gewohnheit festhalten, welche ihnen nur im Tropengürtel von Nutzen sein konnte.

Johannes Müller war der erste, welcher planmässig die schwebenden kleinen und kleinsten Organismen des offenen Meeres untersuchte, indem er mittels eines feinen Gazenetzes die oberflächlichen Wasserschichten durchsiebte. Er nannte die dabei gefundenen Tiere: „pelagischen Mulder", oder „Auftrieb" und diese beiden Ausdrücke wurden allgemein angewandt und sogar in fremde Sprachen aufgenommen, bis Hensen dafür das Wort „Plankton" einführte, welches sich rasch allgemein einbürgerte

Den wichtigsten Anteil an dem tierischen Plankton nehmen die Larven einer grossen Zahl von Tieren, welche im ausgewachsenen Zustande dem Benthos angehören. Die Larven der Hydroidpolypen und Korallen, der Muscheln und Schnecken, Würmer und Ascidien, aller Seesterne, Seeigel und Seegurken schwimmen frei im Wasser herum, ehe sie sich an eine festsitzende oder kriechende Lebensweise gewöhnen, und selbst die Larven vieler Parasiten gehören eine Zeit lang dem Plankton an.

Man kann sich kaum eine bessere Vorstellung von der Wichtigkeit der Selektionslehre machen, als wenn man im Auftrieb jene ungeheure Menge von Larven beobachtet, welche fern von den späteren Wohnorten der ausgewachsenen Tiere mitten im Meere treiben und von denen der allergrösste Teil verloren gehen muss, damit einige wenige

Auserwählte geschlechtsreif werden. Welche Mannigfaltigkeit mag der Kampf ums Dasein dieser zarten Larven entfalten, welche Fülle von Anpassungserscheinungen bietet die jugendliche Organisation derselben! Bedenken wir sodann, wie das Plankton willenlos dem Zuge der Meeresströmungen unterworfen ist, dann verstehen wir auch erst die Bedeutung der Strömungen für die geographische Verbreitung der Tiere. Die meisten festsitzenden oder kriechenden Tiere haben eine Entwicklungsperiode, wo sie frei beweglich im Meere wandern können und eine ungeheure Zahl von Keimen werden dadurch immer und immer wieder über alle Regionen des Weltmeeres verbreitet und neue Ansiedelungen ermöglicht.

Wenn so alle Tiergruppen einen, nicht unwichtigen Anteil an der Zusammensetzung des Plankton nehmen, so sind doch gewisse Ordnungen besonders charakteristische Glieder desselben und besitzen jene ausgeprägten Eigenschaften des Plankton, welche wir eingangs kurz skizzierten.

Am längsten bekannt und am gründlichsten untersucht ist das Pelagische Plankton, der Auftrieb der Meeresoberfläche.

Aus der Gruppe der Infusorien ist am verbreitetsten *Noctiluca miliaris,* ein kleines rötliches Wesen, das in allen Meeren angetroffen wird. An der Südküste von Helgoland sah ich einmal in einem Streifen von 5 m Breite und 100 m Länge solche Scharen von *Noctiluca,* dass das Wasser wie ein rötlicher Brei aussah. Ein grosses Glas mit diesem Tierbrei gefüllt, leuchtete nach drei Tagen beim Schütteln des Glases noch so intensiv, dass man beim Scheine desselben Buchstaben erkennen konnte.

Die zierlichen Foraminiferen, deren Kalkschälchen am Meeresgrunde oft in grosser Menge gefunden werden, enthalten etwa zwanzig verschiedene pelagische Arten, unter welchen *Globigerina* (s. Fig. 52) und *Orbulina* am verbreitetsten sind. Im Leben sind die hirsekorngrossen Schalen mit zierlichen Stacheln umgeben, welche nach dem Tode des Tieres abfallen. Die mit ungemein formenreichen Kieselschalen versehenen Radiolarien (Fig. 64 und 65) leben fast alle im Plankton, und wenn man bedenkt, dass Häckel 4318 Arten beschrieben und abgebildet hat, so kann man sich eine Vorstellung von dem unendlichen Wechsel der Skelettgebilde dieser Tiere machen, deren Körper aus einem kleinen Protoplasmaklümpchen besteht.

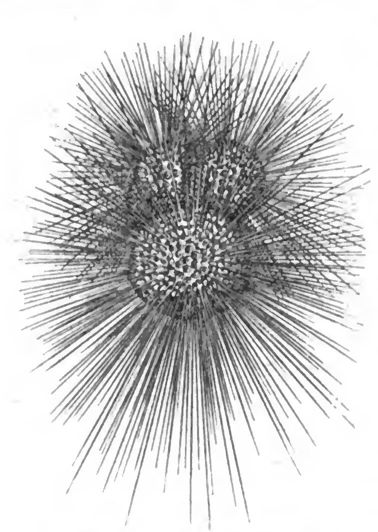


Fig. 52. *Globigerina bulloides*, 20 Mal vergrössert.

Die Quallen oder Medusen sind wohl jedem Besucher eines Nordseebades in unangenehmer Erinnerung, denn sie können die Haut schon bei leiser Berühung mit ihren Nesselorganen für mehrere Tage schmerzhaft röten. Medusen von Erbsengrösse bis zu Arten von

50 cm Grösse treten vereinzelt oder in ungeheuren Schwärmen im Plankton auf. Trotz ihrer gallertigen Körperbeschaffenheit sind sie sehr gefährliche Raubtiere und vermögen ziemlich grosse Fische zu betäuben und zu fangen.

Die flachtellerfömige *Aurelia aurita* verschmäht selbst das salzarme Wasser der Ostsee nicht, und ich sah sie in grossen Schwärmen sogar im Bosporus bei Konstantinopel.

Verwandt mit den Medusen sind die Siphonophoren, nur dass die, einem zarten Blumenstrauss ähnelnden, Tiere eine ganze Tierkolonie darstellen. Am oberen Ende des Stockes befindet sich eine luftgefüllte Blase, mit deren Hilfe der Stock im Wasser aufrecht getragen wird. Darunter folgt oft eine Serie von Schwimmglocken, welche durch rhythmisches Zusammenziehen horizontale Schwimmbewegungen ausführen. Dann folgen Fresspersonen, deren einzige Aufgabe ist, den Stock zu ernähren; Nesselfäden, welche den Stock gegen Feinde schützen; männliche und weibliche Personen, welche die Fortpflanzung vollziehen. Alle diese verschiedenen Tiere sind zu einem einzigen Körper vereinigt, und repräsentieren ein einziges Wesen. Bei *Physalia* ist die schön blau gefärbte birnenförmige Schwimmblase bis 10 cm gross; die oft 5 m langen Fangfäden nesseln so kräftig, dass das Gift durch die dickste Haut dringt und heftige Entzündungen hervorruft. Eine andere Gattung *Velella,* ebenfalls schön blau gefärbt, wird oft zu tausenden an der Meeresoberfläche getroffen. Auf einem 4 □cm grossen horizontalen Flachkörper erhebt sich ein dünnes Knorpelblatt, mit dessen Hilfe sie unter dem Winde segeln.

Häufige Planktontiere sind die Ctenophoren, welche mit acht Reihen zarter Wimperblättchen im Wasser herumschwimmen. Das durchsichtige Rot der *Beröe*, die sonderbare Gestalt der *Chiaja* werden dem aufmerksamen Beobachter selbst vom Bord eines Dampfers nicht entgehen. Das schönste Geschöpf aber ist der Venusgürtel *Cestus Veneris*, ein glasartiges Band von 5 cm Breite und 50 cm Länge, welches in den elegantesten Windungen durch das Wasser schwebt.

Aus dem grossen Stamme der Würmer sind am häufigsten im Plankton zu treffen die *Sagitta*, glashell durchsichtige, sich lebhaft bewegende Wesen von 5—20 mm Länge.

Auch einige Schnecken leben stets an der Oberfläche des offenen Meeres. *Janthina* hat eine violett angetönte Traube lufterfüllter Blasen ausgeschieden, welche dem in einer violetten zarten Schale steckenden Mollusk als Schwimmapparat dient. Dagegen ist der ganze Stamm der Pteropoden pelagisch und mit zierlichen Flügeln schweben *Clio*, *Creseïs*, *Hyalaea* durch die Flut. Bei ihnen erkannte man zuerst, dass sie am Tage in der dunklen Tiefe weilen und nur abends an die Meeresoberfläche heraufkommen. Ungemein zahlreich vertreten ist die Klasse der Krebse. Copepoden, Ostracoden, Schizopoden bevölkern in ungeheuren Schwärmen das offene Meer. Auch die Entenmuschel, *Lepas*, ein sonderbar umgebildeter Krebs, kann mit einem gewissen Recht zum Plankton gerechnet werden, denn fast jedes schwimmende Holzstück, jeder treibende Bimsstein ist besetzt mit diesen sonderbar gepanzerten Geschöpfen.

Echte Planktontiere sind endlich die meisten Tunikaten oder Manteltiere. Die Salpen bilden meterlange Ketten, in denen zwanzig bis fünfzig Einzeltiere vereinigt sind, die Pyrosomen, die kräftig leuchtenden Feuerwalzen, schwimmen in unzählbaren Schwärmen im offenen Meere und die kleineren *Doliolum* und *Appendicularia* werden ebenfalls häufig darin getroffen.

Nachdem wir das Plankton der Meeresfläche kennen gelernt haben, ist es unsere Aufgabe das zonarische Plankton der mittleren Wassertiefen zu besprechen.

Den meisten Reisenden wird es auf See auffallen, dass die Zahl der nächtlich leuchtenden Tiere unendlich viel grösser ist als die Zahl der Planktontiere, welche am Tage die Meeresfläche bevölkern. An drei auf einander folgenden Abenden fand Chierchia das ganze Meer so erfüllt mit *Pyrosoma,* dass jeder Netzzug hunderte heraufbrachte, während an den dazwischen liegenden Tagen kaum ein Exemplar gefangen wurde. Mit Recht schloss Chierchia daraus, dass die *Pyrosoma* am Tage tiefere Wasserschichten aufsuchen; und da auch andere Planktontiere solche Wanderungen nach der Tiefe auszuführen scheinen, da man im Stillen Ozean bei fast jeder Tiefseelotung bemerkte, dass in einer Tiefe von 1000 m die Fangfäden unbekannter Siphonophoren am Lotdraht hingen, so konstruierte Kapitän Palumbo ein Netz, welches sich in bestimmter Wassertiefe öffnet, und beim Beginn des Wiederheraufholens eine kleine Flügelschraube in Bewegung setzt, welche das Netz rasch schliesst. Mit diesem Schliessnetz wurde in verschiedener Tiefe gefischt, und es ergab sich das wichtige Resultat, dass in den mittleren Wasser-

schichten ein zonarisches Plankton lebte. Häckel, Murray u. a. hatten dieses schon früher vermutet. Palumbo brachte den ersten exakten Beweis dafür, und als Chun später das Palumbo-Netz verbesserte und methodische Untersuchungen im Mittelmeer anstellte, fand er überall die sicheren Beweise dafür, dass nicht nur ein zonares Plankton vorhanden ist, sondern dass auch das pelagische Plankton in einer periodischen Wanderung nach und aus der Tiefe begriffen ist.

Neuere Untersuchungen von A. Agassiz haben zwischen Kalifornien und den Galapagos ergeben, dass dort die mittleren Wassertiefen tierleer sind, dass sich das pelagische Oberflächenplankton bis 400 m Tiefe, das Plankton des Meeresgrundes 100 m nach oben verfolgen lässt, dass aber dazwischen keine Tiere erbeutet werden konnten. Daraus geht hervor, wie verschiedenartig sich verschiedene Meeresteile verhalten, und es wird noch langer Untersuchungen bedürfen, bis diese Probleme endgültig gelöst erscheinen.

V. Hensen hat die Frage nach der Bedeutung des Plankton im Haushalt der Natur zum Vorwurf ausgedehnter Untersuchungen gemacht.

Der Fürst Albert von Monaco hat darauf hingewiesen, welche Bedeutung das Plankton insofern gewinnen kann, als schiffbrüchige Seeleute mit Hilfe eines Gazenetzes sich leicht so viel Planktontiere sammeln können, dass sie die Gefahr des Hungertodes von sich abwenden.

So interessant die Organisation der Planktontiere ist, so fesselnd die chorologischen Probleme der Planktologie erscheinen, so wird doch stets das nächtliche Leuchten des Plankton am leichtesten die Aufmerksamkeit auf sich

ziehen, und die meisten Menschen interessieren. Die Schönheit, welche das Meer am Tage entfaltet, wird doch immer übertroffen werden von dem milden Glanze des Meerleuchtens in stiller Nacht, wenn tausende von kleinen Funken das Wasser illuminieren oder wenn der unbeschreibliche Glanz des Milchmeeres die ganze Wasseroberfläche leuchten lässt.

Blickt man vom Bord des Schiffes in den Strudel, welchen die Schraube im Wasser erzeugt, so scheint das ganze Wasser von einem diffusen Licht erleuchtet. Daneben erkennt man kleinere und grössere Lichtpünktchen und endlich grössere leuchtende Flecke. Während es sehr leicht ist, die Ursache dieser leuchtenden Körper in den verschiedenen Tieren des Plankton wieder zu erkennen, ist der Träger des diffusen Meerleuchtens nicht immer nachzuweisen. Das Meer kann weithin milchweiss glänzen, und wenn wir ein feines Netz durchs Wasser ziehen, so finden wir nur wenige Tiere darin.

Bekanntlich hat man vor einigen Jahren leuchtende Bakterien im Seewasser entdeckt, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass ein Teil des diffusen Leuchtens von solchen Bakterien herrührt. Dieselben Bakterien rufen auf verwesenden Fischen ein sehr helles Leuchten hervor, so dass die Vermutung nahe liegt, dass verwesende Teile, im Seewasser enthalten, Meerleuchten hervorbringen. Endlich hat man beobachtet, dass manche Meerestiere einen leuchtenden Schleim abscheiden. Von den Bohrmuscheln ist dieser leuchtende Schleim längst bekannt, Chierchia hat denselben bei kleinen Krebschen im Roten Meere beobachtet, und ich habe im Indischen Ozean, an der Insel

Ramesveram, hunderte kleiner Würmer beobachtet, welche, indem sie durchs Wasser schwammen, zwei leuchtende Streifen von 2 bis 3 m Länge hinter sich her zogen. In ein Glas mit Seewasser gethan, gaben sie so viel Schleim von sich, dass das ganze Glas in dunkler Nacht einige Minuten lang milchweiss schimmerte. Und so scheint es wohl, dass auch leuchtender Schleim einen Anteil an dem diffusen Licht des Meerleuchtens nimmt.

Verschiedene Tiere geben ein sehr verschieden gefärbtes Licht von sich. Bald ist es gelb, bald bläulich, bald smaragdgrün, bisweilen wechseln die Farben mit einander ab, und oft ist das Licht nicht über den ganzen Körper verbreitet, sondern an gewissen Leuchtorganen, die wir bei Tiefseefischen noch kennen lernen werden, lokalisiert.

---

17. Die Korallenriffe.

Die Edelkoralle. Riffkorallen. Saumriffe. Atolle. Böschung der Riffe. Ein Korallenriff im Roten Meere. Schirmförmige Gestalt der Stöcke. Korallophile Fauna. Krebse bilden Muschelsand. Darwins Theorie. Wachstum der Korallen. Höhlen. Geographische Verbreitung.

Die rote Edelkoralle, welche als Schmuckgegenstand viel verarbeitet wird, ist das kalkige Innengerüst eines koloniebildenden Tieres (s. Fig. 53 S. 184), welches häufig im Mittelmeer, sowie an den Cap Verden und bei Japan in Tiefen von 50 bis 200 m auf felsigem Meeresgrunde gefunden wird. Über hundert Fischerboote gehen alljährlich von Torre del Greco aus, um an den Küsten von Sardinien, Sizilien, Tunis und Algier nach den kleinen karminroten Korallenbäumchen zu fischen.

Auch bei Amalfi, in der Nähe der kleinen Sireneninseln, kann man im Sommer Capreser Fischerboote sehen, welche auf den 200 m tief liegenden Klippen nach Korallen fischen. Ein grosses Balkenkreuz, mit Werg, Segeltuch und Ketten behangen, wird in die Tiefe gelassen und bleibt eine Nacht lang am Meeresgrunde. Die Bewegung der Wellen schiebt das Kreuz langsam über die mit Korallen bewachsenen Felsen. Die Korallenbäumchen

verwickeln sich in den Wergzöpfen, werden abgebrochen, und wenn das Kreuz heraufgewunden ist, kann man sie leicht herauslösen. Sehr reich an Edelkorallen ist eine Untiefe bei Sciacca an der Südküste von Sizilien, doch sind alle dort gefundenen Korallen abgestorben, haben daher wenig Glanz und geringen Verkaufswert. Die besten Korallen sind die rosaroten, doch sind auch dunkelrote wertvoll, wenn sie nicht einen gelblichen Schein haben.

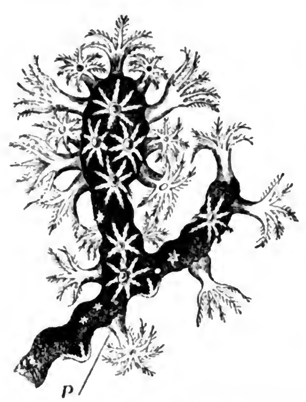


Fig. 53. Die Edelkoralle *(Corallium rubrum)*. P: ein einzelner Polyp.

Die Edelkoralle wird nur an den erwähnten Lokalitäten gefunden, und fehlt auf den Korallenriffen der tropischen Meere.

Statt ihrer findet man hier eine grosse Zahl Korallengattungen und hunderte von Arten in einer staunenswerten Individuenmenge, welche zwar mit der Edelkoralle verwandt sind, aber doch eine ganz andere Organisation besitzen. Der Bau der Polypen, die Struktur des Skelettes weicht so gründlich von derjenigen der Edelkoralle ab, dass beide ganz anderen Typen angehören. Statt der roten Farbe herrschen auf den Korallenriffen grüne und braune Farben vor, das Skelett ist weiss, der Fleischüberzug sehr dünn. Während die Edelkoralle nur von einer kleinen Zahl von Korallenpolypen besetzt ist, bestehen die Stöcke der Riffkorallen aus

tausenden kleiner Polypen und erreichen ganz ansehnliche Dimensionen. *Porites*-Stöcke von 2 m Höhe und 3 m Durchmesser sind an der Küste von Südindien in Menge zu beobachten und die aus unzähligen zarten, dichtgedrängten Ästen bestehenden Madreporen bilden Schirme von einem halben Meter Höhe und drei Meter Dicke (Fig. 54 S. 186).

Diese Korallen überziehen den Meeresgrund auf grosse Strecken, setzen tausende von Korallenriffen zusammen und bilden Inseln von mehreren hundert Metern Dicke. Die meisten Inseln des Indischen und Stillen Ozeans, des Roten Meeres und des nördlichen Antillenarchipels sind Koralleninseln.

Betrachten wir die Umrisse und die horizontale Form dieser Korallenriffe und Inseln, so kann man leicht verschiedene Typen unterscheiden.

Am häufigsten sind die unregelmässigen, kleinen Riffe, welche an den Küsten der Inseln oder Festländer überall im seichten Wasser auftreten, untermeerische Klippen überziehen oder auf einzelnen Steinen mitten im Schlamme entstehen und sich allmählich seitlich ausbreiten. Das nördliche Rote Meer, die Javasee, die Torresstrasse sind so erfüllt von solchen kleinen isolierten Riffen, dass sie der Schiffahrt leicht Gefahr bringen.

Wenn solche Riffe einen kontinuierlichen Saum längs der Küste bilden, so nennt man sie Saumriffe. Dieselben können eine ansehnliche Breite erreichen und werden von tieferen Kanälen überall durchschnitten, wo ein Fluss oder Bach ins Meer einmündet und das Wachstum der Korallen hindert.



Fig. 54. Ein Korallenriff im Roten Meere.

Befindet sich zwischen dem Riffband und der Küste eine breite Wasserstrasse, während der Meeresboden von der äusseren Riffkante zu grosser Tiefe abfällt, mit anderen Worten, wenn das ganze Gebiet der Kontinentalstufe von einem ununterbrochenen Riff besetzt wird, so spricht man von einem Barriereriff, wie es an der Nordostküste von Australien wohl entwickelt ist.

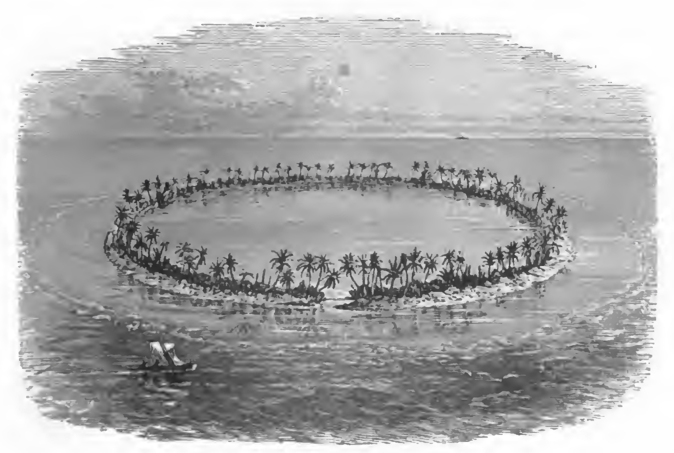


Fig. 55. Ein Atoll im Stillen Ozean.

Die seltsamste Art der Korallenriffe sind jedoch die Atolle (s. Fig. 55): kreisförmige Riffringe, welche nach aussen tief und steil abfallen, während sie einen flachen, wassererfüllten See, die sogen. Lagune, umschliessen. Rings um die Aussenkante des Atolls brechen sich die Wellen, während der Spiegel der Lagune friedlich und ruhig bleibt, so dass die Kronen der Palmen, welche das niedrige

Atoll bewachsen, sich klar und rein abspiegeln in dem inneren See.

Mannigfaltig, wie die horizontale, ist auch die vertikale Skulptur der Korallenriffe. Die Saumriffe erheben sich nur wenige Meter über den seichten Meeresboden, dagegen steigen die Barriereriffe und Atolle meist mit steilen, bisweilen sogar fast senkrechten Wänden aus Tiefen von über 1000 m empor.

Die Riffkorallen sind Bewohner des seichten Wassers, sie gedeihen in Tiefen von 1 bis 20 m, und es ist daher leicht verständlich, dass wir Korallenansiedelungen längs der Küsten und in flachen Meeren finden.

Am leichtesten zu erreichen, und in schönster Farbenpracht entwickelt, finden wir die Saumriffe an den Küsten der Sinaihalbinsel. Von dem kleinen Orte Tor haben wir nur wenige Schritte bis zum Meer. Ein smaragdgrüner Saum von 300 m Breite zieht sich längs des Ufers hin; es ist das Korallenriff, das an dem dunklen Blau des tieferen Wassers scharf abschneidet. Rasch wandern wir durch das fusstiefe Wasser dem Riff zu; und indem die Tiefe zunimmt, stellen sich auch, mitten im weissen Sande, die ersten Korallenstöcke ein. Es ist die Gattung *Stylophora,* die Griffelkoralle, deren fusshohe Stöcke aus rotgelben fingerdicken Ästen besteht. Noch sind die Korallen sehr vereinzelt und zwischen ihnen auf dem Sande bemerken wir tausende von schwarzen Seeigeln, deren Stacheln leicht in unsern Fuss dringen, weshalb wir langsam und vorsichtig weiterschreiten. Das Wasser wird metertief, und die Korallenstöcke werden zahlreicher und mannigfaltiger. Hier sehen wir die olivenbraunen Schirme der *Madrepora,* dort die klumpenförmige braune, mit spangrünen Streifen

versehene Kolonie einer *Cöloria.* Und während die *Stylophora* immer seltener wird, nehmen die *Madrepora* immer mehr an Zahl und Grösse zu, bis wir endlich in einem bunten Korallengarten stehen (s. Fig. 54). Wie in einem englischen Park zwischen blühenden Buschgruppen und buntfarbigen Blumenbeeten sich sandbedeckte Wege verschlingen, die sich bald zwischen hohen Büschen verschmälern, bald zu kiesbedeckten Plätzen erweitern oder in eine schattige Grotte münden, so verhalten sich die sandbedeckten Riffgebiete zu den bunten Korallenkolonien. In den inneren, der Küste nahen Riffteilen wandelt man zwischen flachen Korallenbeeten in 1 m tiefem Wasser umher; nach aussen zu, da wo das Riff mit steiler Kante gegen das tiefere Meer abstürzt, werden die Korallenkolonien zu 2 — 3 m hohen Gruppen, und der Sand nimmt engere Räume ein.

Wichtig für den Gesamtbau der Riffe am Roten Meer ist es, dass die zahlreicheren und charakteristischen Korallenstöcke in ihrer vertikalen Höhe eine gewisse Grenze nicht überschreiten und sich dafür schirmförmig, oft mehrere Meter ausbreiten. Dadurch wird die Oberfläche des Riffes treppenförmig gestaltet; eine Schirmplatte setzt sich auf die andere und man ersteigt die obere Grenzfläche auf einzelnen Stufen. Die schirmförmige Gestalt der wichtigsten Riffkorallen hat ihren guten Grund:

Tausend kleiner Polypen sprossen aus einander hervor, und bilden den Korallenstock, ein festes Kalkgerüst verbindet die einzelnen Tierchen und das Individuum vermag seinen Standort nicht zu wechseln. Wohl kann es mit seinen zarten Fangarmen ein kleines Nachbargebiet

tastend durchgreifen, aber dem Nahrungserwerb ist durch die festsitzende Lebensweise eine Grenze gesetzt. So sind jene Milliarden kleiner Polypen, welche das Korallenriff bilden und bewohnen, darauf angewiesen, dass die Welle ihre Nahrung herbeiträgt. Ein bewegtes, stets mit frischer Nahrung erfülltes reines Wasser ist daher die notwendige Voraussetzung jedes Korallenlebens, deshalb ist das Korallenriff überall da unterbrochen, wo ein Bach mit süssem Wasser ins Meer mündet, oder wo durch die Brandung ein schlammiger Boden stets aufs neue aufgewühlt wird.

Indem sich die Einzelpolypen zum Stocke vereinigen, gewähren sie sich gegenseitig einen mechanischen Schutz, und je stärker die Welle daherbrandet, desto enger und gedrängter müssen sie sich zum Stock verbinden; dem horizontalen Stoss des Wassers muss der Stock möglichst geringen Widerstand bieten und zugleich so gebaut sein, dass allen ihn zusammensetzenden Einzeltieren die Nahrung möglichst gleichmässig zugeschwemmt wird. Daher sind die meisten Riffkorallen schirmförmig gebaut, eine Gestalt, welche viel Oberfläche und wenig seitlichen Widerstand bietet.

Ein unendlich reiches Tierleben findet sich zwischen den Korallenstöcken und zwischen den Ästen jedes einzelnen Stockes. Fast alle Tierklassen finden wir hier vertreten und unzählige Individuen bewohnen das Riff. Der Naturforscher, dem es vergönnt ist, hier tage- und wochenlang zu sammeln, wird von jeder Exkursion mit neuen Schätzen heimkehren, und je länger er sammelt, desto mehr wird er finden und beobachten. Sobald erst einmal das Auge geschult ist, die oft von ihrer Unterlage kaum zu unterscheidenden Tierformen zu erkennen, wenn man

erst die Schlupfwinkel und versteckten Wohnplätze herausgefunden hat, dann wird die Ausbeute immer reicher. Foraminiferen und Schwämme, Polypen und Milleporiden, Seesterne und Seeigel, graziöse Seelilien und seltsame Schlangensterne, Muscheln und Schnecken, Krebse und Fische gross und klein sehen wir zwischen den Korallen, und die *Tridacna*-Muschel (s. Fig. 56), deren Schalen



Fig. 56. *Tridacna.*

mehrere Zentner schwer werden, sitzt in vielen Exemplaren in tiefen Löchern, so dass nur der spangrüne Mantelsaum ihre Anwesenheit verrät. Jeder Stein ist bedeckt mit Krusten von Moostieren, Ascidien und Schwämmen, Seeigel mit langen Stacheln sitzen tief in selbstgegrabenen Höhlungen und wie Colibris um die Blumen tropischer Pflanzen spielen, so schweben neckische kleine goldene, purpurn und azurblau gefärbte Fischchen um die Korallenstöcke.

Die meisten dieser Riffbewohner bilden innere oder äussere Kalkschalen, und nach dem Tode der Tiere liegen die mit verwesendem Fleisch erfüllten Skelette am Meeresboden.

So würde sich bald der Meeresgrund mit verderbenden Abfallstoffen bedecken, wenn nicht tausende von kleinen

und grossen Krebsen das Riff bewohnten. Keine Tierleiche sinkt am Meeresboden nieder, die nicht sofort von allen Seiten Krebse anlockte. Mit bewunderungswerter Schnelligkeit zerzupfen sie das Fleisch, zerreissen und zerbrechen die Skelette, und holen mit ihren Kaufüssen aus den kleinsten Stückchen und Ecken noch Fleischreste heraus. Jeder sterbende Seeigel, jede Muschel, jede Schneckenschale, jeder Fisch wird von ihnen zerkleinert; und mit ihren kräftigen Scheren zerbrechen sie selbst die dickeren Schalen. Sie schonen selbst ihre eigenen Verwandten nicht, zerbrechen den Panzer ihrer abgestorbenen Genossen, um die letzten Spuren organischer Substanz herauszusuchen.

Hierdurch aber leisten die Krebse (und manche Raubfische mit breiten Zähnen) eine geologisch hochwichtige Arbeit, denn sie schaffen auf diese Weise den scharfkantigen Kalksand (s. Fig. 61), welcher auf dem lebenden Riff grosse Flächen bedeckt, der fast alle Lücken erfüllt und aus dem ästigen Gefüge der Korallenstöcke eine homogene lückenlose Kalkmasse bildet.

So sehen wir das Riff gebildet aus zwei verschiedenen Arten von Baumaterial. Auf der einen Seite haben wir die Korallenstöcke kennen gelernt, welche auf einander sich aufsetzend hohe Kalkblöcke bilden; und auf der andern Seite den Muschelsand, entstanden aus Kalkschalen durch die Thätigkeit der Krebse, welcher alle Lücken und Höhlungen auf dem Riff ausfüllt.

Lange Zeit hat man ohne sicheren Beweis angenommen, dass die Atolle und Barriereriffe eben so wie die Saumriffe von unten bis oben auf die eben beschriebene

Art aus Korallen und Muschelsand aufgebaut werden, dann hat man diese Annahme wieder bezweifelt, bis neuerdings durch Brunnenbohrungen auf Koralleninseln nachgewiesen wurde, dass dieselben 300 und mehr Meter tief ganz aus Korallengestein bestehen.

Aber wie ist es möglich, dass ein Korallenriff 300 m dick wächst, wenn die Riffkorallen nur im Seichtwasser gedeihen?

Diese Frage legte sich Darwin vor, als er auf seiner Erdumsegelung die Atolle des Stillen Ozeans untersuchte. Und Darwin gab als Antwort: Wenn sich der Meeresboden senkt.

Indem durch Senkung des Meeresbodens der Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche sich immer mehr vergrössert, können die Korallen immer weiter bauen und ein sich immer mehr verdickendes, mächtiges Korallenriff bilden. Sie bleiben dabei immer in der für ihr Gedeihen so günstigen Litoralzone, und können doch dabei nach oben immer höher wachsen.

Wenn wir bedenken, dass es aber ausser der Senkung des Meeresbodens noch andere Ursachen geben kann, welche den Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche vergrössern, nämlich ein positives Oszillieren des Meeresspiegels, so müssen wir auch diesen Faktor als wichtig für die Riffbildung hier erwähnen.

Obwohl es somit, unseres Erachtens, Darwin gelungen ist, die Dicke gewisser Korallenriffe zu erklären, so harrt doch noch ein anderer, nicht minder wichtiger Charakter der Korallenriffe, nämlich die Atollform, ihrer Erklärung.

Die Atolle kommen in ungeheurer Zahl in tropischen Meeren vor. Der Sultan der Malediven heisst „König der dreizehn Atolle", denn dieser ganze Archipel besteht nur aus grossen und kleinen Kreisriffen. Darwin suchte auch die kreisförmige Gestalt der Atolle durch eine Senkung des Meeresbodens zu erklären, allein es scheint, dass diese Erklärung nicht allen Thatsachen gerecht wird und dass auch chemische und biologische Vorgänge eine Rolle dabei spielen.

Über das Wachstum der Korallen und Korallenriffe liegen bisher nur unvollkommene Beobachtungen vor. An den Antillen hat man beobachtet, dass Korallen in einem Jahre sieben cm lang gewachsen sind. Korallen, welche sich auf flachliegenden Telegraphenkabeln festgesetzt haben, sprechen ebenfalls für ein rasches Wachstum, doch sind hier noch viele Fragen für fernere Forschung offen.

Wie wir schon erwähnt haben, bevorzugen Riffkorallen eine geringe Meerestiefe, und gedeihen am besten in 2 bis 10 m, doch findet man vereinzelte Stöcke auch bis 80 m tief. Es scheint nicht nur die Bewegung, sondern auch die Durchlichtung des Wassers eine notwendige Voraussetzung des Riffwachstums zu sein. Viele Riffkorallen sind geradezu lichthungrig, und das Wachstum der Stöcke erfolgt in der Weise, dass sie immer nach den belichtetsten Regionen zu streben.

Infolgedessen bilden sich auf dem Riff tiefe Höhlen und vielverschlungene Kanäle, und wer zum erstenmale auf einem Boot über die farbenprangenden Gärten eines Korallenriffes hinwegrudert, dem fallen besonders die tiefen Lücken ins Auge, welche zwischen den Korallenkolonien

sich öffnen. Bald zeigt die Wassersäule, welche sie erfüllt, vollkommene Ruhe und erlaubt dem Auge in die Tiefe hineinzudringen, und alle die seltenen Korallen zu studieren, welche die Wände der Rifflücke bekleiden — bald deutet das Auf- und Niederwogen des Wassers an, dass die Höhle untermeerisch mit dem Meere in Verbindung steht, und jede brandende Woge von unten hereindringen kann. In diesen Rifflücken lebt am prächtigsten entfaltet die bunte Gesellschaft der riffbewohnenden Tiere, stachelige Seeigel sitzen in Vertiefungen versteckt, Seesterne klettern an den Wänden empor, farbenprächtige Schnecken weiden in den Algenrasen, Krebse und Fische spüren räuberisch umher.

Nicht alle diese Rifflücken werden von dem Kalkmuschelsande ausgefüllt, manche bleiben offen bis das Riff durch eine negative Strandverschiebung trockengelegt wird, und wenn wir auf versteinerten Korallenriffen ausgedehnte Höhlen finden, ausgekleidet mit Tropfsteinen und Stalaktiten, so erkennen wir in ihnen die Lücken des lebenden Riffes wieder.

Die Riffkorallen sind sehr stenotherme Tiere, grosse Temperaturschwankungen können sie nicht ertragen und sie sterben ab, sobald die Temperatur des Meeres unter 20° C. sinkt. Die Linie einer Minimaltemperatur (Isokryme) von 20° C. begrenzt also die geographische Verbreitung der Korallenriffe. Und wenn wir den Verlauf dieser Linie auf der beigehefteten Karte verfolgen, so sehen wir zugleich, wie die Isokryme durch Meeresströmungen beeinflusst wird. Denn die Bermudas unter 33° N. Br. werden von

dieser Linie noch umschlossen, weil das warme Wasser des Golfstromes soweit nach Norden vordringt, während auf der Südwestküste von Afrika der kalte Benguelastrom die Entwickelung von Korallenriffen hindert. Ganz das gleiche Bild begegnet uns im Pazifik, wo die Kuro-Schio-Strömung eine Ausbuchtung nach Norden, der kalte peruanische Strom aber eine Einbuchtung der Isokryme nach dem Äquator zu veranlasst.

---

18. Die Bewohner der Tiefsee.

Sporadische Funde. Forbes leugnet die Existenz einer Tiefseefauna. Allmähliche Übergänge vom Strand zur Tiefe. Gegensätze der Extreme. Lichtmangel. Pflanzenmangel. Nahrungsquelle. Ökonomische Abhängigkeit vom Südpolarmeer. Raubtiere oder Schlammfresser. Blinde Tiere. Hypertrophische Augen. Leuchtorgane. Unveränderliche Temperatur. Individuenreichtum. Ruhiges Wasser. Weicher Untergrund. Dünne Schalen. Symmetrische Spongien. Lange Körperanhänge. Zarte Einzelkorallen. Hoher Druck. Kilch des Bodensees. Druck allseitig. Druckdifferenz nicht so schädlich wie Temperaturwechsel. Zarte Gewebe der Tiefseefische. Kosmopolitische Verbreitung der Tiefseebedingungen. Keine ausgestorbenen Tiergruppen in der Tiefsee.

Im Jahre 1818 berichtete Ross, dass er im Baffinsmeere in 1000 m Tiefe lebende Tiere gefunden habe, allein der sporadische Fund dieser Tiefseefauna blieb unbeachtet, und als Forbes im Jahre 1845 die Tiefengründe des Ägäischen Meeres untersuchte und darin unterhalb 500 m kein lebendes Wesen angetroffen hatte, wurde allgemein geglaubt, dass die Tiefsee leblos sei. Man begründete diesen Satz damit, dass die Lichtlosigkeit grösserer Wassertiefen nicht nur ein Hindernis für das Pflanzenleben, sondern indirekt auch für die Fauna sei.

Im J. 1860 fand Wallich im Atlantik einen lebenden Seestern in 2400 m Tiefe; immer mehr Anzeichen stellten sich ein, dass das Resultat von Forbes nur für das

Ägäische Meer gültig sei, und als von 1867 ab die englischen und skandinavischen Zoologen Expeditionen ausrüsteten, um die Frage sorgfältiger zu untersuchen, da entdeckte man überall eine überaus reiche Tiefseefauna. Die 25 Bände des „*Challenger Reports*“ bringen auf tausenden von Tafeln die Tiere der abyssalen Region zur Darstellung und auch über die Lebensbedingungen derselben haben die Tiefsee-expeditionen wertvolle Aufschlüsse gebracht.

Gerade so wie der Meeresboden vom flachen Wasser des Strandes bis zu den grössten Tiefen in allmählichen Übergängen und trotz der Kontinentallinie nur in sehr geringer Neigung sich immer weiter vertieft, so bestehen auch zwischen den Lebensbedingungen der Flachsee und denjenigen der Tiefsee eine grosse Zahl von Übergängen und es darf uns nicht Wunder nehmen, dass eine scharfe Grenze zwischen beiden überhaupt nicht gezogen werden kann. *Natura non facit saltum.* Manche Muschelgattungen wie *Arca* und *Lima* leben sowohl am Strande wie in Tiefen von 5500 m; ein Beweis dafür, dass sie sich leicht an sehr verschiedene Umstände anzupassen im stande sind.

Nur wenn wir die flachen Regionen des Strandes mit den tiefen Abgründen der Ozeanbecken in ihren extremen Charakteren vergleichen, können wir Gegensätze zwischen ihnen entdecken; und unsere Aufgabe soll es sein, dieser trennenden Unterschiede zu gedenken, dann werden wir die gemeinsamen Eigenschaften besser würdigen können.

Das wesentliche Bild der Tiefseebedingungen und der Tiefseefauna beruht nicht so sehr in einzelnen Anpassungs-erscheinungen, sondern vielmehr in einer Kombination von

Charakteren, welche vereinzelt auch anderswo beobachtet werden können.

Die Tiefsee ist lichtlos, kein Sonnenstrahl dringt in ihre geheimnisvollen Abgründe hinein, denn alles Sonnenlicht wird in den oberen Wasserschichten vollkommen absorbiert. Pflanzenleben aber ist ohne Licht undenkbar, deshalb hat noch kein Dredgezug auch nur eine einzige chlorophyllhaltige Pflanze heraufgebracht. Weder Algen noch Tange, noch Seegräser bedecken den Boden, keine Planktonalgen schwimmen in dem Wasser, kein Pflanzenfresser findet sich unter den Bewohnern der abyssalen Gründe. Damit fallen auch alle diejenigen Anpassungserscheinungen an die Pflanzenwelt weg, die wir in früheren Abschnitten bei der Flachsee schildern konnten.

Eine reiche Fauna, reich an Individuen und an Formen, lebt in der Tiefsee — aber wovon lebt sie, wenn keine Pflanzen dort gedeihen? woher kommt die Nahrung der Tiefseetiere?

Wir können in unseren Betrachtungen nicht weiter gehen, ehe wir nicht diese prinzipielle Frage erledigt haben. Schon mehrfach haben wir darauf hingewiesen, dass alles Leben auf der Erde an die Existenz der Pflanzenwelt und des Sonnenlichtes geknüpft ist. Beides fehlt der Tiefsee, und dennoch wimmelt sie von Tieren. Da die Tiefsee keine Pflanzen ernähren kann, so gleicht sie einem Industrieland, das seine Nahrungsmittel nicht selbst dem Boden abgewinnt, sondern auf den Import von auswärts angewiesen ist, das in ökonomischer Abhängigkeit von einem ackerbautreibenden Lande steht. Schon von diesem Gesichtspunkte aus ist es ganz undenkbar, dass die Tiefseefauna

eine ursprüngliche Lebenseinheit darstellt, denn nur von pflanzenerzeugenden Regionen aus konnte sie besiedelt werden, nur von diesen aus erhält sie ihre Existenzmittel.

Es werden also, im Grunde genommen, alle Nahrungsbedürfnisse der Tiefsee: der für die Atmung unerlässliche Sauerstoff, und ebenso die mannigfachen Produkte des pflanzlichen Stoffwechsels, in der Flachsee gebildet und von hier nach den Regionen der Tiefe transportiert.

Als Transportwege haben wir zwei verschiedene Bewegungen in einem früheren Abschnitte kennen gelernt: die Meeresströmungen und die Vertikalzirkulation. Allein da die ersteren wesentlich oberflächliche Erscheinungen sind, welche nur langsam und im Laufe sehr langer Zeiten sich in die Tiefe fortsetzen, so erscheint die Wasserversetzung verschieden dichten Wassers als die vornehmste Transportkraft für die Existenzmittel der Tiefseefauna. Mag auch dieser Ausgleich der kalten Fluten des antarktischen Ozeans gegen das warme Wasser der Tropenzone so langsam erfolgen, dass eine messbare Geschwindigkeit dabei nicht resultiert, so ist dafür die Dauer und Macht dieses Wasseraustausches um so nachhaltiger. Die Temperatur des Bodenwassers im Atlantik und Pazifik drängt unabweisbar zu dem Schlusse, dass die Nahrung der Tiefseetiere vom südlichen Eismeer stammt.

Dabei darf aber nicht übersehen werden, erstens, dass eine ganze Anzahl von Meeresströmungen planktonisches Nahrungsmaterial aus wärmeren Breiten dem Südpolarmeer zuführen. An der Ostküste von Südamerika, Afrika und Australien treiben südlich gerichtete Meeresströmungen

ihr warmes tierreiches Wasser dem Südpolarmeer zu, und ziehen dadurch auch die wärmeren Meere mit heran zur Nahrungsversorgung der Tiefsee. Zweitens sinken die

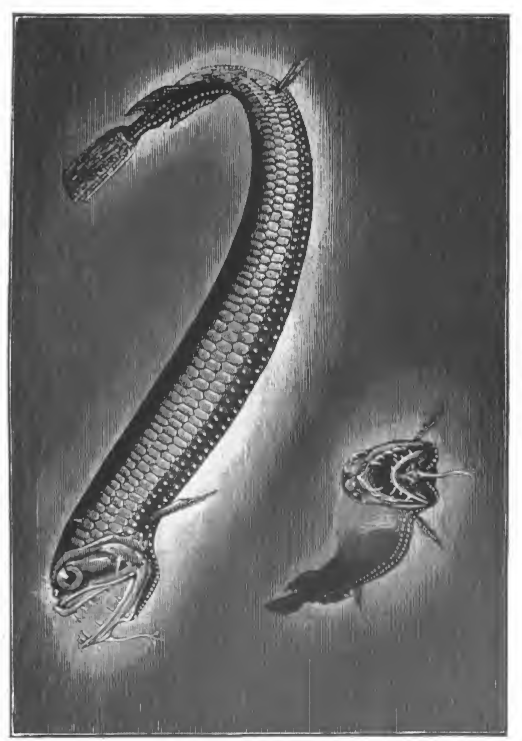


Fig. 57. Leuchtende Tiefseefische.

Leichen aller Planktonorganismen in einem immerwährenden Regen hinab in die Tiefsee, so dass sich dort ein wahrer Anger verwesender Substanzen ansammeln würde, wenn

nicht eine Tiefseefauna vorhanden wäre, welche sich von solchem Mulder nährte.

Die Tiefseetiere sind infolgedessen entweder beschauliche Schlammbewohner, welche den Schlick des Meeresgrundes fressen, um ihm alle nährenden Bestandteile zu entnehmen, oder aber es sind räuberische Fleischfresser, welche von den Schlammfressern sich nähren.

Vielen Fischen der Tiefsee sieht man schon auf den ersten Blick (s. Fig. 57 S. 101) ihre räuberische Lebensweise an. Ein grosser, mit langen krummen Zähnen besetzter Rachen, ein weiter Schlund, ein dehnbarer Magen kennzeichnet die gefährlichen Gesellen. Dagegen scheinen andere Tiefseefische mit fast zahnlosem Kiefer oder mit weisslich-gelblicher Hautfarbe mehr ihr Leben im Schlamme zu verbringen.

Während die Seerosen der Flachsee um ihren Schlund einen Kranz von vielen Fangarmen besitzen, welche die vorbeischwimmende Beute erfassen und dem Munde zuführen, sind die Tentakel mancher Tiefseeanemonen zu kurzen Warzenansätzen eingeschrumpft, welche durchbohrt sind, so dass durch diese Kanäle das schlammhaltige Wasser in den Magenhohlraum hineinfliessen kann.

Der Mangel des Lichtes in der Tiefsee hat aber auch andere, direkte Veränderungen der Tiefseetiere zur Folge. Bekannt ist es, dass Spinnen und Asseln, welche in Höhlen leben, ihre Augen verlieren. Bald schrumpfen die Augen zu kleinen unbrauchbaren Organen zusammen, bald vermisst man jedes äussere Sehorgan. Auch die Tiefseetiere zeigen in vielen Fällen eine solche Verkümmerung ihrer Augen. So ist der 12 cm lange Krebs *Willemoesia,* ebenso

wie der *Thaumastocheles* (s. Fig. 58) augenlos; auch mehrere Tiefseefische zeigen die allmähliche Reduktion des Sehorganes, indem die einen kleine Augen haben, andere vollkommen blind sind.

Um so auffallender ist es, dass andere Tiefseefische ungeheuer grosse Augen haben. Man hat die Vermutung ausgesprochen, dass bei der Einwanderung in die Tiefsee die mit schwachen Augen versehenen Gattungen allmählich ihr Sehvermögen einbüssten, während die mit scharfen Augen begabten Formen ihr Auge vergrösserten, um die geringen Lichtmengen der Tiefsee noch wahrnehmen zu können. Mag dem sein, wie es will, jedenfalls widerspricht die Hypertrophie solcher Fischaugen keineswegs der Thatsache, dass kein Tageslicht in jene

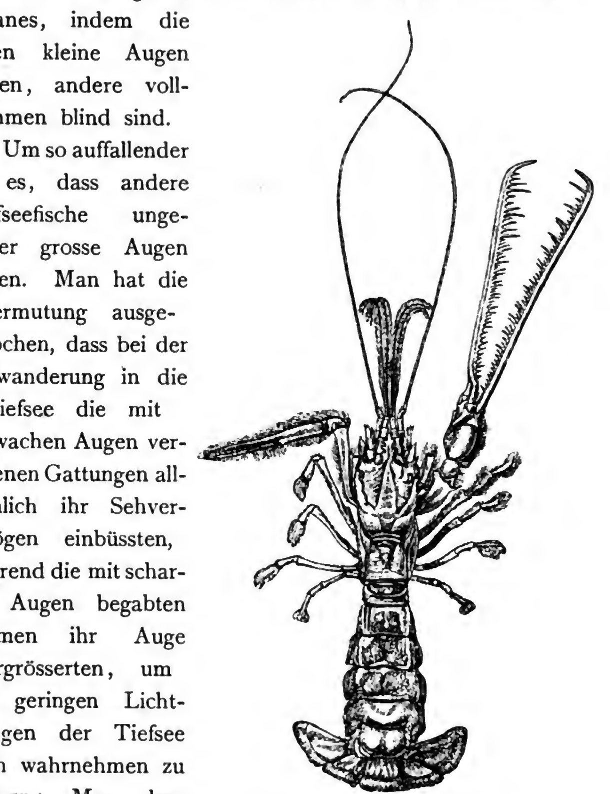


Fig. 58. *Thaumastocheles zaleuca*, um die Hälfte verkleinert.

Tiefen dringt, denn viele, vielleicht alle freibeweglichen Tiere der Tiefsee sind mit lebhaft glänzenden Leuchtorganen versehen.

Schon die Beobachtung des Verlaufes des Meeresleuchtens und des Auftretens der dasselbe hervorrufenden Planktontiere zeigt mit aller Deutlichkeit, dass die leuchtenden Tiere am Tage in den tieferen Wasserschichten leben, wo sie jene geringe Erleuchtung ihrer Umgebung finden, welche nachts auch an der Meeresoberfläche herrscht. Ob das Leuchtvermögen des Planktons eine Anpassungserscheinung an das nächtliche Dunkel der Meeresoberfläche oder an die dauernde Dunkelheit der Tiefsee ist, dieses Problem dürfte kaum zu entscheiden sein; jedenfalls aber steht diese Eigenschaft in engstem ursächlichen Zusammenhang mit dem Mangel des Lichtes, und es nimmt uns nicht Wunder, wenn man bei vielen Tieren der abyssalen Gründe ein hochentwickeltes Leuchtvermögen beobachtet.

Die Farbe der meisten Tiefseefische ist einförmig schwarz. Am Körper verteilt findet man eigentümliche drüsige Organe, welche bald Flecken, bald Linien, bald einzelne Punkte bilden. Bei *Argyropelicus* sind sie am Unterkiefer, bei *Opostomias* an Barteln, bei *Halosaurus* am Kiemendeckel, bei *Malacosteus* unter dem Auge angebracht. Mehrere Male hat man beim Fang dieser Tiefseefische das Leuchten der Organe (s. Fig. 57) bemerkt und einen gelben, von einem grünlichen Schimmer deutlich unterscheiden können.

So gleichen die Raubfische der Tiefsee einem Kriegsschiff, das neben seinen Angriffswaffen mit einem weithin

strahlenden Scheinwerfer versehen ist, welcher alles Wasser in der Umgebung gut erleuchtet und den Angriff erleichtert.

Neben dem Lichtmangel besitzt die Tiefsee eine gleichmässige, niedrige Temperatur; und welche Bedeutung die in geringen Grenzen schwankende Temperatur für eine reiche Entfaltung des marinen Tierlebens hat, das haben wir in einem frühern Abschnitt besprochen. Alle Nachteile des Lichtmangels, des mangelnden Pflanzenlebens, des grossen Druckes u. s. w., welche in der Tiefsee herrschen, werden aufgewogen durch diese sich immer gleichbleibende Wärme. Die absolute Höhe der Wärme ist ja gleichgültig für die Tiere der Tiefsee, denn alle besitzen keine Eigentemperatur, wie die Landtiere, sondern sie sind wechselwarm und ihre Körpertemperatur reguliert sich nach der Temperatur ihrer Umgebung. Alle die lebendige Kraft, welche Landtiere aufwenden müssen, um ihre Körperwärme 20 oder gar 50° über der Luftwärme zu erhalten, bleibt dem marinen Organismus erspart, und um so empfindlicher sind sie für Wärmeschwankungen.

Aber die nur wenig um 0° schwankende Temperatur der Tiefsee ist in allen Ozeanbecken über unendliche Räume so gleichmässig und unveränderlich verbreitet, dass man hieraus schon die bemerkenswerte Thatsache der kosmopolitischen Verbreitung der Tiefseefauna leicht versteht. Wenn die Zoologen der Challengerexpedition sich nach einjähriger Reise darüber beklagen, dass sie so wenig neue Typen im Verlaufe weiterer Dredgungen finden, dass die Tiefseefauna des Pazifik keine wesentlichen grundsätzlichen Verschiedenheiten von der des Atlantik erkennen lässt, so ist

das eine Folge der unveränderlichen Temperatur, welche hier wie dort überall herrscht.

Alle die Schädlichkeiten, welche bei raschem Temperaturwechsel in seichtem Wasser der Fauna verderblich werden, fallen für die Tiefseefauna fort, und während der ganzen Entwickelung vom Ei bis zum ausgewachsenen Tier kann das Individuum in derselben unveränderten Temperatur leben; die grössten Wanderungen kann es unternehmen, ohne durch eine veränderte Temperatur an weiterem Vordringen gehindert zu werden. Vergleichen wir damit, welche unüberschreitbare Schranke der Wyville-Thomson-Rücken für zwei Faunengebiete darstellt, welche sich örtlich so nahe rücken, dass ihrer Vermischung sonst nichts im Wege steht, so wird jene Erscheinuug nur um so auffallender.

Befremden muss es auch, dass das Schleppnetz aus der Tiefsee häufig von Tieren so erfüllt heraufgezogen wird, dass man auf einen ungeheuren Individuenreichtum der Tiefseefauna schliessen kann. Aber diese grosse Zahl der Lebewesen findet ihr Gegenbild in dem Individuenreichtum der Polarmeere. Hier wie dort erleichtert eine gleichbleibende Temperatur die Reife zahlreicher Nachkommen von gleichartiger Form auf Kosten der Varietäten- und Formenverschiedenheit.

Die Tiefsee hat ruhiges Wasser und es lässt sich wohl kaum ein grellerer Unterschied finden, als zwischen den sturmdurchwühlten Wassern der Meeresfläche und den bewegungslosen Abgründen der Tiefsee. Wir haben gesehen, wie mannigfaltig die Anpassungserscheinungen der Strandfauna an die Bewegungen des Wassers sind. Haftapparate,

Bohrapparate, Klammern und Wurzelscheiben werden gebildet, um sich in dem unruhigen Element festhalten zu können, und während die Krabben durch einen dünnen platten Körper geschickt sind, sich in den engsten Felsenspalten zu verbergen, kleben sich Austern und Patellen fest an die Felsen an. Zu Kolonien vereinigt sehen wir Bryozoen und Ascidien, eng an einander gedrängt sitzen *Balanus* und *Mytilus,* um sich gegenseitig Schutz zu bieten gegen die heranstürmende Brandung. Die Riffkorallen bilden vielverzweigte Stöcke, auf denen dichtgedrängt tausende kleiner Einzelpolypen sitzen, das ewig bewegte Meer trägt ihnen Nahrung herbei und die aneinandergewachsenen kompakten Skelette gewähren einander Schutz gegen die tobenden Wellen. Die Korallenstöcke, das aus ihnen zusammengesetzte Korallenriff sind eine typische Erscheinung der Flachsee.

Muscheln und Schnecken haben dicke Schalen, Seeigel und Krebse solide Panzer, um dem Andrang der Wellen zu widerstehen. Aber die Macht der Wellen verliert sich mit zunehmender Tiefe. Die Strömungen werden nach unten schwächer und matter, die Brandung existiert nicht für die Gehänge der Tiefsee. Die Ausgleichströmungen, die Wasserversetzung, die Vertikalzirkulation vollziehen sich so unmerklich langsam, dass sie keine messbare Grösse darstellen.

Kein Wunder, dass davon auch die Fauna beeinflusst wird, dass viele Einrichtungen, welche bei der Litoralfauna weitverbreitet sind, in der Organisation der Tiefseetiere fehlen.

Es kommt dazu, dass der Boden der Tiefsee meist mit einem so weichen und so flüssigen Schlamm bedeckt

ist, dass die Lotröhre mühelos 1 m tief darin einsinkt. Somit entbehrt die Tiefsee der festen Unterlage für die Ansiedelung vieler Tiere.

Die Seeschwämme, jene niedrig organisierten, bewegungslosen Tiere, deren Hornskelette uns als Badeschwämme dienen, während verwandte Gruppen durch Kalk- und Kieselnadeln ausgezeichnet erscheinen, sind von alters her berühmt wegen der Unbeständigkeit ihrer äusseren Form. Und besonders sind es die bewegten unruhigen Fluten der Flachsee, in welchen die Formenmannigfaltigkeit der Spongien ihren Höhepunkt erreicht. Dieselbe Art bildet bald filzige Rinden unter Steinen, bald rundliche unförmliche Klumpen, bald hohe verästelte Bäumchen, oder aufrechtstehende sich durchkreuzende Platten, so dass meistens erst die mikroskopische Untersuchung des Skelettes eine systematische Bestimmung erlaubt. Die Spongien der Tiefsee zeigen dagegen fast ohne Ausnahme eine regelmässige kugelige oder becherförmige Gestalt und entwickeln oft einen langen Wurzelschopf, welcher sie befähigt, sich in dem weichen Boden des Tiefseeschlammes zu befestigen.

Während die litoralen Krebse von gedrungener Form sind, fallen uns die Tiefseekrebse durch ihre langen Beine, ihre grossen Scheren und eleganten Fühlhörner auf. Krebse mit 1 m langen Fühlhörnern wurden in Tiefseereusen erbeutet, und alle Tiefseekrebse zeichnen sich durch ihre dünnen, durchsichtigen Panzer aus.

Gegenüber den dickschaligen Mollusken der Flachsee finden wir die Muscheln grosser Meerestiefen mit zarten, durchscheinenden Schalen versehen, welche in seichtem Wasser nicht im stande wären, die Weichteile gegen den

Anprall der Wellen zu schützen. Wenn das Skelett der litoralen Riffkorallen steinhart und aus tausenden kleiner Polypen zusammengesetzt ist, so bewohnen die Tiefsee ziemlich grosse einzeln lebende Korallen, deren Kelche von zarten, leicht zerbrechlichen Kalklamellen gebildet werden.

Dass alle diese Einrichtungen durch die weiche Beschaffenheit des Tiefseebodens mit bedingt werden, kann man leicht daraus ersehen, dass sich sofort eine andere Fauna einstellt, wenn vulkanische Klippen oder vulkanischer Sand am Boden der Tiefsee auftritt.

Die Tiefsee steht unter hohem Druck. Den Fischern am Bodensee ist es wohlbekannt, dass die im Tiefennetz gefangenen Kilche *(Coregonus)* mit stark aufgetriebenem Bauche heraufgebracht werden und rasch sterben, wenn man ihnen nicht mit einer Nadel die Schwimmblase ansticht und dadurch die übermässig ausgedehnte Luft herauslässt. Die Luft in der Schwimmblase der Fische ist so komprimiert, dass sie dem in der betreffenden Tiefe herrschenden Wasserdruck äquivalent ist. Ändert man den Druck der Umgebung rasch, so vermag sich der Fisch diesem verminderten Druck nicht anzupassen, die Schwimmblase dehnt sich aus, treibt die Eingeweide in den Schlund, hemmt die Blutzirkulation und der Fisch muss sterben, wenn man nicht künstlich die Spannung der Schwimmblase vermindert.

Je 10 m Wassertiefe entsprechen einem Druck von einer Atmosphäre. Am Boden der Tiefsee herrscht demgemäss ein Druck von 800 Atmosphären, daher müssen alle diejenigen Tiere, welche Luft in ihrem Körper enthalten, bei einer raschen Verminderung jenes gewaltigen

Druckes auf nur eine Atmosphäre schwer geschädigt werden, und es ist leicht verständlich, dass Fische, welche eine Schwimmblase besitzen, dass alle Tiere mit hydrostatischen Apparaten darunter leiden.

Allein solche hydrostatische Apparate sind bei nur wenigen Tiergruppen vorhanden, und wo sie fehlen, fallen natürlich auch die soeben geschilderten Nachteile fort.

Man hat früher geglaubt, dass der gewaltige Druck, dem die Tiere in jenen Wassertiefen ausgesetzt sind, hinreiche, um alle lebenden Organismen zusammenzudrücken, aber man bedachte nicht, dass jener Druck allseitig ist, dass er von unten und von der Seite mit derselben Intensität einwirkt, so dass sich sein Effekt aufhebt.

Richtig ist es, dass die bei Tiefseedredgungen erbeuteten Tiere rasch absterben, wenn sie an Bord des Schiffes kommen, und man hat angenommen, dass die Ursache dieses raschen Todes die Druckverminderung sei. Allein die schon erwähnte Beobachtung des Fürsten von Monaco klärt die Erscheinung in ganz anderer Weise auf. Während die im Atlantik aus einer Tiefe von 1400 m und einer Temperatur von 3° heraufgebrachten Tiefseetiere nur noch einen Schimmer von Leben zeigten und die Bewohner grösserer Tiefen ausnahmslos tot an die Oberfläche kamen, gelangten im Mittelmeer aus einer Tiefe von 1650 m bei 13° C. die meisten Tiefseetiere in voller Lebenskraft in die Hände des Beobachters. Ja ein Krebs, *Acanthephyra pulchra,* lebte mehrere Tage noch ganz wohlbehalten weiter. Zugleich fand man mehrere identische Fischarten im Mittelmeer sowohl in 50 wie in 1650 m Tiefe. Diese Thatsache lehrt, dass die Druckverminderung lange nicht

so schwere Folgen in physiologischer Beziehung nach sich zieht, als der rasche Wechsel sehr verschiedener Temperatur.

Indem wir also auch hier wiederum die ungeheure Wichtigkeit der Temperatur für das Tierleben des Meeres erkennen, dürfen wir aber nicht unerwähnt lassen, dass gewisse Eigentümlichkeiten von Tiefseetieren in engstem Zusammenhang mit dem grossen Wasserdruck stehen. Manche Tiefseefische zerfallen, sobald man sie an die Meeresoberfläche bringt. Die kalkarmen Knochen fallen aus einander, das Fleisch zerfliesst zu einer gelatinösen Masse. Es ist sehr wahrscheinlich, dass unter jenem grossen Druck in der Tiefe diese Gewebe hart und fest genug sind, um allen Anforderungen des Lebens zu genügen, aber sobald der Druck nachlässt, wird der Zusammenhalt der Gewebe aufgehoben.

Da solche Vorkommnisse die Ausnahme bilden, und die Mehrzahl der Tiefseetiere mit genügend festen Geweben versehen sind, um auch an der Oberfläche noch intakt zu bleiben, so dürfen wir annehmen, dass unter den Existenzbedingungen der Tiefsee der grosse Wasserdruck eine durchaus untergeordnete Rolle spielt. Und so sehen wir auch Haifische und Wale ohne Schaden in gewaltige Tiefen hinabtauchen und vergnügt wieder an der Meeresoberfläche sich tummeln, ohne dass der verschiedene Druck ihren Wanderungen ein Ziel setzt, und bei allmählicher, langsamer Wanderung dürfte die Mehrzahl der Meerestiere ebensogut in der Tiefsee wie in anderen Regionen leben können, wenn dort nicht ausser dem hohen Druck eine Reihe anderer biologischer Faktoren eine bestimmende Rolle spielten.

Die Existenzbedingungen der Tiefsee sind auf weite Erstreckung gleichartig und geringen Schwankungen unterworfen. Alle die bisher geschilderten Umstände erklären zwar manche spezielle Organisationseigentümlichkeiten der Tiefseetiere, allein erst dadurch, dass dieselben mit einander verknüpft auf ungeheuer weiten Strecken gleichartig herrschen, erklärt sich der Gegensatz, welcher zwischen der Litoralfauna und der Tiefseefauna besteht. Dort grosse Mannigfaltigkeit, rascher Wechsel der äusseren Umstände auf kurzer Strecke — hier eine sich stets gleichbleibende Kombination eigenartiger Bedingungen.

Sie bedingt, dass die tiefsten Gründe der grossen Ozeane eine relativ gleichförmige Fauna besitzen; und erlaubt es den Bewohnern der Tiefsee, ihren Wohnsitz zu verändern, ohne bei dieser Wanderung durch auffallende Veränderungen der Umgebung gehemmt zu werden.

Die Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen in der Flachsee äussert sich nicht allein darin, dass die Faunen benachbarter Meeresteile von einander grundverschieden sind, dass man in je 10 m tieferem Wasser eine andere Tierwelt antrifft, sondern auch in dem Formenwechsel der Tiere während ihrer Jugendentwickelung.

Munter schwimmt das Ei des *Antedon* im Wasser herum, dann setzt es sich fest und wächst zu der zierlichen Seelilie heran, endlich löst sich deren Krone vom Stiele ab, um wieder freie Ortsbewegungen auszuführen.

So sehen wir die Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen in der Flachsee, in der Mannigfaltigkeit der Larvenstadien ausgeprägt, und jene bekannten Erscheinungen

der ontogenetischen Metamorphose sind nur der Ausdruck für die grosse Fülle wechselnder Umstände, unter denen das Tier heranwächst.

Man hat geglaubt, dass der Boden der Tiefsee von den letzten Überresten ausgestorbener Tiergruppen bewohnt werde, aber man hat sich gründlich getäuscht. Diejenigen Tiere, deren Lebensdauer von den älteren geologischen Epochen bis zur Gegenwart reicht, die *Lingula, Nautilus, Limulus* u. s. w., leben heute in ganz seichtem Wasser und die erwarteten Nachkommen anderer versteinerter Tiergruppen hat man in der Tiefsee bisher nicht finden können.

Die Tiefsee ist nicht eine ruhige Klause, in welche veraltete Tiere leicht eintreten können, um darin ein behagliches, stilles Leben zu führen, sondern der Eintritt kann nur mit schweren Opfern erkämpft werden. Vom Seichtwasser bis zur Tiefsee hinab gestalten sich die Lebensbedingungen, wenn auch nur allmählich, doch so gründlich um, dass nur kräftige Organisationen den Übergang in die Existenzbedingungen der abyssalen Gründe ertragen können — schwächliche Naturen müssen ihm unterliegen. Vielleicht, dass die natürliche Auslese am Boden der Ozeanbecken geringer ist als in der wechselvollen Flachsee, allein auf dem Wege da hinab ist die Selektion um so intensiver; unzählige Generationen werden auf dem Wege zur ruhigen Tiefsee zu Grunde gegangen sein, und nur eine kleine Auswahl hat diesen Wechsel überstanden.

---

19. Die Wirbeltiere des Meeres.

Einheimische und eingewanderte Gruppen. Amphioxus. Fische sind marin. Fischbänke. Schellfisch. Hering. Fliegende Fische. Keine Amphibien. Seeschildkröten. Seeschlangen. Fliegvögel. Rudervögel. Zahnwale. Bartenwale.

Wir haben bei Besprechung der Meeresflora gesehen, dass dieselbe sich aus zwei Elementen zusammensetzt. Auf der einen Seite sehen wir die im Meere entstandenen Algen und Tange; auf der andern Seite stehen die vom Lande aus in das Meer eingewanderten Seegräser. Auch die Wirbeltierfauna des Meeres zerlegt sich in zwei Gruppen, deren eine ursprünglich dem Meere angehört, nämlich das vielgestaltige Reich der Fische, während Vertreter fast aller höherstehenden Wirbeltierordnungen nachträglich sich an das Leben im Meere angepasst haben und als Einwanderer bezeichnet werden müssen.

Im Meeressande vergraben lebt nahe der Küste, über die ganze Erde verbreitet, ein weisses schuppenloses Fischchen von 5—8 cm Länge, ohne Kopf, ohne Augen, ohne Gehirn, ohne Skelett, von einfachstem Bau und einfacher Organisation, es ist das niedrigst stehende Wirbeltier, wahrscheinlich der Urahne aller Fische: *Amphioxus*

lanceolatus. Wenn wir seine Lebensweise als eine ursprüngliche betrachten dürfen, so müssen wir annehmen, dass alle Fische, und mit ihnen auch die höheren Wirbeltiere, Kinder der Litoralfauna sind. Und dass die Fische wenigstens ursprünglich Meeresgeschöpfe sind und waren, geht aus der geographischen Verteilung der Fischgeschlechter mit Sicherheit hervor. Die meisten Fische bewohnen zeitlebens das Meer, schon in den älteren versteinerungsführenden Felsschichten finden wir die Fische als Meeresbewohner; und selbst Fische des Süsswassers machen vielfache Wanderungen in das Meer. Die Lachse steigen zur Laichzeit weit hinauf in die Flussgebiete, und wenn sie ihre Eier abgesetzt haben, so wandern sie in das Meer zurück, während umgekehrt die Aale von den Flüssen ins Meer hinabschwimmen, um dort an der Mündung der Flüsse zu laichen. Die junge Aalbrut steigt dann in zahllosen Schwärmen in die Flüsse hinein und die 5—8 cm langen jungen Aale werden in den Flüssen der Normandie mit Sieben aus dem Wasser geschöpft.

In ungeheueren Scharen bewohnen Fische das Meer. Nur wenige halten sich ihr ganzes Leben hindurch auf offener See auf, wie die glashellen Bandfische oder der sonderbare Mondfisch *(Orthagoriscus)*; die meisten ziehen untermeerische Seichtgründe oder die pflanzenreichen Litoralgebiete der Küstenzone vor. Die „Doggerbank“ in der Nordsee wird von unzähligen Fischerbooten aus Deutschland, Holland, England besucht. Die Neufundlandsbänke sind das Jagdgebiet ganzer Flotten französischer Fischerboote und die felsigen Klippenzüge an den Lofoten werden im Frühjahr von 30000 lappischen Fischern

besucht, die dem Dorschfang obliegen. Viele hunderte von Booten kehren täglich mit reicher Beute zum Hafen. Dort werden die gefangenen Kabeljaue *(Gadus)* enthauptet, das Fleisch als Stockfisch getrocknet, während aus dem Fett der Leber der bekannte Leberthran bereitet wird.

An den nördlichen Küsten des Atlantik erscheinen, besonders von Januar bis März, ebenso in der Zeit des Herbstes ungeheure Scharen des Herings *(Clupea)* in Zügen von mehreren Kilometern Breite und Länge, dichtgedrängt nebeneinander schwimmend, so dass oft das Boot kaum durch den Fischbrei hindurchsegeln kann. Viele Milliarden Heringe werden dabei jährlich gefangen, um entweder frisch als „grüne Heringe", oder eingesalzen, oder geräuchert als Bückinge versandt zu werden.

An der Küste der Bretagne werden in ähnlichen Schwärmen die Sardellen *(Engraulis)*, an den Küsten von England und Frankreich die Sardinen *(Alosa)* gefangen.

Von allen Fischen des Meeres aber fesselt keine Gruppe so sehr unsere Aufmerksamkeit wie die sogen. fliegenden Fische, welche im Mittelmeer und im Indischen Ozean sehr häufig, seltener im nördlichen Atlantik beobachtet werden.

Die Flossen des *Exocoetus* sind von beträchtlicher Grösse, und wenn sie ausgebreitet werden, so wirken sie wie ein Fallschirm, der es dem Tiere ermöglicht, einige Sekunden frei in der Luft zu schweben. Während der Kiel des Schiffes das Wasser zerteilt, springen Dutzende der silbern glänzenden Fische aus dem Wasser hervor und entfliehen mit kräftigem Flossenschlag. Ja bei starkem

Wind kann es sogar vorkommen, dass das eine oder andere Exemplar erfasst und auf das Deck des Schiffes geworfen wird.

Wenn also die Fische als echte Kinder des Meeres bezeichnet werden müssen, so sind alle höheren Wirbeltiere Landbewohner, welche nur in einzelnen Vertretern sekundär ins Meer gewandert und dort heimisch geworden sind.

Frösche und Salamander giebt es nicht im Meere, dagegen sind verschiedene Reptilien echte Meerestiere geworden.

Fünf Schildkrötenarten leben im Meere; man findet sie oft fern von der Küste mitten im Meere herumschwimmen und nur wenn sie ihre Eier ablegen, suchen sie sandige Flachküsten auf. Im Atlantik und im Mittelmeer lebt *Thalassochelys.* Sie wird 30—50 cm gross und wer Gelegenheit hat, im Aquarium der Zoologischen Station zu Neapel die Tiere herumschwimmen zu sehen, der wird erstaunen über die raschen Bewegungen der kräftigen Füsse, welche zu echten Ruderorganen umgewandelt sind.

Chelonia imbricata ist ein Bewohner der tropischen Meere. Sie wird bis 1 m gross und die dreizehn Hornplatten auf dem Knochenpanzer des Rückens sind als Schildkrot wohlbekannt. Die Hornplatten sind 3—6 mm dick, durchsichtig und braun gefleckt, und um ihretwillen wird auf die *Ch. imbricata* allenthalben Jagd gemacht.

Nicht minder gesucht ist die *Chelone viridis,* deren Fleisch als ein gesuchter Leckerbissen gilt, und als *Turtle steak,* oder Schildkrötensuppe viel begehrt ist. Sie wird bis 2 m lang und 500 k schwer, bewohnt die Küsten

tropischer Meere, nährt sich aber nur von Seepflanzen. Die Schildkröten, welche in Europa auf den Markt kommen, stammen meist aus Westindien, von wo sie lebend zu uns gebracht werden.

Alle Schildkröten suchen während ihrer Laichzeit das Land auf, sammeln sich an gewissen Küsten in grossen Scharen, um ihre Eier abzulegen. Zur Zeit des brasilianischen Sommers, von Dezember bis Februar, kommen unzählige Schildkröten nach der sandigen Küste von Brasilien zwischen Rio dolce und St. Matthäus. Vom Ufer aus sieht man als zwei Rinnen landeinwärts die Spur der Ruderfüsse im Sande verlaufen. Folgt man 40 Schritte dieser Spur, so sieht man das grosse Tier unbeweglich in einem selbstgewühlten Kessel sitzen, zur Hälfte im Sande vergraben, und in den Sand etwa 100 Eier legend. Sind die Eier gelegt, so scharrt die Schildkröte Sand darüber, tritt ihn fest und überlässt es der Sonne, die Eier auszubrüten. Die Jungen schlüpfen des Nachts aus und wandern, einem wunderbaren Instinkt folgend, direkt dem Meere zu.

Kaum ein zweites Meeresgeschöpf hat eine so grosse Berühmtheit erlangt als dief abelhafte „Seeschlange“, deren Auftreten geradezu sprüchwörtlich geworden ist. Nach den Berichten älterer und neuerer Seefahrer soll ein schlangenartiges Tier von 30 m Länge an den nördlichen Küsten des Atlantik beobachtet worden sein, das auf seinem Schlangenleib einen mit einer Mähne behängten Kopf trägt. Ein solches Tier existiert nicht, wohl aber werden die Meere der Tropenzone von 1—2 m langen Schlangen bewohnt, welche, mit einem Ruderschwanz ver-

sehen, von aalähnlicher Gestalt, an der Meeresoberfläche oft beobachtet werden. Nahe den Küsten von Indien kann man auf dem offenen Meere vom Bord des Schiffes aus, im Laufe eines Tages, über hundert dieser Geschöpfe beobachten, welche auch auf Korallenriffen nicht selten und wegen ihres gefährlichen Giftes berüchtigt sind.

Aus der Gruppe der Vögel bewohnen sehr viele das Meer und dessen Küsten, und während die einen im stande sind, mehrere Tage hintereinander auf offener See herumzufliegen, haben sich andere das Fliegen ganz abgewöhnt, ihre Flügel sind zu Ruderorganen umgewandelt und zum Schwimmen und Tauchen vortrefflich geeignet.

Die vielen Arten der Möwen *(Larus)*, Seeschwalben *(Sterna)* und Sturmvögel nisten in ungeheuren Scharen auf einsamen Felseninseln, dann fliegen sie hinaus auf die offene See, fangen in geschicktem Stoss oberflächlich schwimmende Fische oder tummeln sich ruhelos in der Luft. Nur wenige Vögel des Festlandes können so andauernd fliegen.

Diesen Fliegvögeln des Ozeans stehen die, auf dem Lande unbehilflichen, Rudervögel schroff gegenüber. Auf den felsigen Inseln nordischer Gestade sitzen Lummen *(Uria)* zu tausenden nebeneinander, in den Meeren des Südpolarkreises dagegen sind die Pinguine *(Aptenodytes)* in vielen Arten verbreitet, welche so geschickt unter Wasser schwimmen und deren Körper so fischähnlich geworden ist, dass man sie bei flüchtiger Betrachtung mit einem Fisch verwechseln könnte. Beide Gattungen haben statt der Schwingen kurze Flügelstumpfe, mit kurzen Federn besetzt, und sind nicht mehr fähig sich in die Luft zu

erheben. Noch im Anfang dieses Jahrhunderts lebte auf den Inseln des Nordatlantik ein fast flügelloser Vogel von 1 m Höhe, der Alk *(Plautus impennis)*. Er fand sich in solchen Mengen, dass er auf Island und in Grönland als Nahrungsmittel diente. 1844 wurden die beiden letzten Exemplare erlegt und seitdem ist er vollkommen ausgestorben, so dass die in verschiedenen Museen wohlbewahrten, etwa 70 ausgestopften Exemplare zu den grössten Seltenheiten gehören.

Auch gewisse Säugetiere sind vollkommene Meeresbewohner geworden, und nur ihre äussere Form ist der Grund gewesen, sie als Wal„fische“ zu bezeichnen. Denn die Wale bringen ein oder zwei lebende Junge zur Welt und ernähren sie mit Milch wie jedes andere Säugetier. Eine Gruppe der Wale ist mit zahlreichen kegelförmigen Zähnen versehen, weshalb sie als Zahnwale bezeichnet werden. Der bekannteste Vertreter dieser räuberischen Tiere ist der Braunfisch oder das Meerschwein *(Phocaena communis)*, in dessen vorn gerundetem Kopfe etwa achtzig Zähne stehen. Der Braunfisch lebt vornehmlich im Nordatlantik und hält sich meist in der Nähe der Küste auf. Dagegen ist der Delphin oder Tummler *(Delphinus delphis)* (s. Fig. 59) in Trupps („Schulen“) von fünf bis zehn Stück ein gern gesehener Begleiter der Schiffe auf offener See. In munteren Sprüngen tauchen die spitzköpfigen, metallisch glänzenden, Gesellen aus den Wellen hervor, umspielen das eilende Schiff und schwimmen geschickt selbst unter dem Kielwasser hindurch.

Einer der grössten Zahnwale, der Schwertfisch *(Orca)*, wird 10 m lang. Auf seinem Rücken trägt er eine anderthalb

Meter hohe, säbelförmig gebogene Flosse, und er gehört zu den gefährlichsten und bösartigsten Raubtieren des Meeres. Die andere Gruppe der sogen. Bartenwale ist dadurch ausgezeichnet, dass sie einen zahnlosen Unterkiefer besitzen. Zwar werden bei den Embryonen Zähne angelegt, doch kommen dieselben nicht zum Durchbruch. Vom Oberkiefer und Gaumen herab hängt eine Reuse handbreiter und 3 m langer, elastischer Hornplatten, der sogen. Barten, welche als Fischbein in der Technik vielfach Verwendung finden. Die Bartenwale leben von kleinen Planktontieren und schwimmen mit offenem Maule so lange durch das Wasser, bis sich genügend pelagischer Auftrieb darin angesammelt hat. Dann schliessen sie das Maul, pressen das Wasser durch das Sieb der Barten hindurch und verschlucken den Brei der zurückbleibenden Planktonorganismen. So frisst der Wal Millionen von Tieren mit einem einzigen Schluck und ist von dem Reichtum der Planktonfauna vollkommen abhängig. Eine sehr speckige dicke Haut schützt das kolossale Tier vor Wärmeverlust und gestattet ihm selbst in den kältesten Meeren der

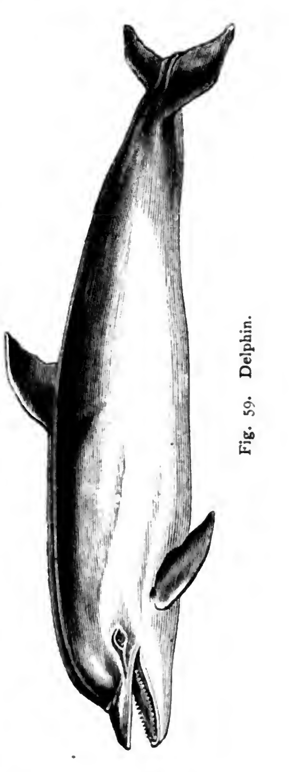


Fig. 59. Delphin.

Eisregion noch zu gedeihen. Doch ist auch das Tropenmeer von Walen bewohnt. Die Wale leben meist gesellig, und die Jungen, welche bei manchen Arten bei der Geburt 6—8 m lang sind, bleiben lange Zeit bei der Mutter. Der Wal ist wegen seiner Barten und seines Speckes der Gegenstand eifriger Jagd. Im Jahre 1885 wurden allein an den Nordküsten Skandinaviens 1398 Finnwale gefangen. Der Finnwal *(Balaenoptera musculus)* wird 20 m lang und ein Tier hat einen Wert von 2500 Mark, während der Ertrag eines der grössten Nordwale an Speck und Barten bis 20 000 Mark betragen kann. Ein Nordwal allein liefert 700 kg Fischbein.

Während die Wale echte Wassertiere geworden sind und ausserhalb des Meeres gar nicht zu leben vermögen, sind eine ganze Anzahl anderer Säugetiere weniger vollkommen an das Wasserleben angepasst, und führen mehr ein amphibisches Leben; Robben und Seehunde, Walrosse und Sirenen bringen einen grossen Teil ihres Lebens im Meere zu, doch sind sie mehr Küsten- als Meerestiere.

20. Die Sedimente der Flachsee.

Denudation durch Sonnenkraft. Wassermenge der Flüsse. Flusstrübe fällt in Salzwasser aus. Kontinentalschlamm. Delta des Ganges. Submarine Flussrinnen. Kalksand. Blöcke am Strand. Abrasion von Rügen. Dünen. Wattenmeer.

Die Erdoberfläche ist der Kampfplatz zweier Mächte, welche sich gegenseitig zu besiegen streben. Die eine Gruppe von Vorgängen hat ihre Ursache im Innern der Erde, die andere in den Gestirnen.

Unterirdische Kräfte türmen hohe Gebirge auf; trotzig ragen sie in die Wolken und scheinen für die Ewigkeit geschaffen.

Aber ein Heer von unscheinbaren Arbeitern feilt und bohrt an dem härtesten Granit wie an dem weichen Lehm; auf Klüften und Spalten dringen sie in die Tiefe, zersetzend, zerbröckelnd, zerstörend; und was sie zerkleinert haben, das reissen Wind und Wetter ab und tragen es rasch zu Thal. Der Sturzbach wird zum Fluss, der Fluss zum Strom und endlich mündet dieser mit allem Sand und Schlamm, den seine Wellen tragen, in das unendliche Weltmeer.

Tellurische Kräfte sind es, welche durch Seitenschub Faltengebirge aufwölben, Erdschollen zwischen stehen-

bleibenden Horsten in die Tiefe versenken oder hohe vulkanische Bergkegel aufschütten, und alle die grossen Reliefveränderungen der Erdoberfläche finden ihre Ursache in dem erkaltenden Erdkern.

Dagegen sind es anziehende ausserirdische Gestirne, welche diejenigen Kräfte in Thätigkeit setzen, die man in ihrer Gesamtwirkung als Denudation bezeichnet.

Sonnenkraft hebt verdunstende Wassertröpfchen in die Höhe, Sonnenkraft lässt Winde und Stürme über die Erde brausen, Regenwolken sich ballen und Regen und Schnee zur Erde herabfallen; und wenn wir die tosende Kraft des Wasserfalls der Industrie dienstbar machen, so benutzen wir Sonnenkraft; und wenn Regenbäche tiefe Furchen in die Gehänge der Gebirge einschneiden, so sehen wir eine Wirkung der Sonnenkraft. Sonne und Mond heben und senken die Wasser des Meeres, und vom Sturme unterstützt schneidet sich die Brandung abradierend in die Küstengesteine ein — eine Folge astronomischer Ursachen.

Diese, durch Sonnenkraft unterhaltene Thätigkeit der Denudation äussert sich in zweifacher Weise. Erstens werden die Felsen und Gesteine der Erdoberfläche zerstört, zweitens werden die zerkleinerten Bruchstücke von ihrem Ursprung weit fort transportiert. Wir können hier nicht die zerstörende Thätigkeit der Denudation besprechen, wir können nicht behandeln, wie Frost und Hitze, chemische Verwitterung und rinnendes Wasser, Eis und Sandgebläse die Oberfläche der Gesteine angreifen. Uns interessieren hier nur diejenigen Vorgänge, durch welche derartige

Zerstörungsprodukte, Kiesel, Sand und Schlamm, die sogen. Sedimente, dem Meere zugeführt werden.

Gross ist die Wassermenge, welche jahraus jahrein in den Gebirgen denudierend thätig ist. Der Rhein führt jeden Tag 150000 Kubikfuss fester Substanzen als Flusstrübe bei Bonn vorbei, der Indus führt täglich sechzehn Millionen Kubikfuss Schlamm in das Meer, eine Masse, welche hinreicht, um in einem Jahre 175 □km mit einer 1 m hohen Schlammdecke zu überschütten.

Bei so grossen Zahlen darf es uns nicht Wunder nehmen, dass im Laufe der Jahrtausende selbst die höchsten Gebirge eingerissen und ihr Material dem Ozean zugetragen wird. Das Süsswasser der Flüsse mischt sich mit dem Seewasser, es entsteht das sogen. „Brackwasser“ und allmählich verschwindet auch der letzte Rest Flusswasser in der ungeheuren Salzflut. Was wird aber aus dem Sand und Schlamm, der fein verteilt als sogen. „Flusstrübe“ im Wasser des Stromes enthalten war?

Wenn man ein Becherglas mit trübem Flusswasser füllt und dasselbe ruhig stehen lässt, tage- und wochenlang, so wird man nur sehr langsam ein Niedersinken der trübenden Schlammteile beobachten. So fein verteilt ist die Flusstrübe, so leicht sind die Teilchen, dass man Rheinwasser zwölf Monate lang ruhig stehen lassen muss, ehe sich alle Trübe zu Boden gesetzt hat.

Sobald man aber dem trüben Flusswasser ein Körnchen Salz zusetzt, so erlebt man das überraschende Schauspiel, dass sich die ganze Flusstrübe im Verlaufe von dreissig Minuten zu Boden schlägt. Man hat ausgedehnte Versuche ausgeführt, um die Einwirkung schwacher Salz-

lösungen auf die Flusstrübe festzustellen, welche die physikalisch noch nicht aufgeklärte Thatsache in allen Einzelheiten bestätigen.

Das ins Meer gelangende Flusswasser reinigt sich also bei seinem Eintritt von allem Schlamm, und schüttet einen Schuttkegel von Absätzen um die Flussmündung herum auf. Die Farbe dieses sogen. Kontinentalschlammes ist gewöhnlich graublau oder grün, und ein breiter Gürtel rings um die Festländer herum ist von demselben bedeckt.

Im Gebiet des Chinesischen Meeres, dessen Flüsse aus einem mit gewaltigen Lehmlagern bedeckten Lande herauskommen und daher mit gelbem Schlamm beladen sind, ist auch der Kontinentalschlamm gelblich oder hellgrün gefärbt, und der Name „Gelbes Meer“ hat seine naturwissenschaftliche Berechtigung.

In den Tropenländern bildet sich als Verwitterungsprodukt statt unseres gelben Lehmes der sogen. Laterit, welcher von sehr verschiedenartiger Dichte und Festigkeit, aber stets durch seine rote Farbe ausgezeichnet ist. Infolgedessen führen die Flüsse der Tropenländer nicht gelben, sondern roten Schlamm ins Meer, und an der Mündung des Amazonenstromes, des Congo, der hinterindischen Flüsse ist demzufolge auch der Kontinentalschlamm rot oder rotbraun gefärbt.

Wegen der, alle Trübe ausscheidenden Eigenschaft des Salzwassers ist der Kontinentalschlamm nur längs der Küsten in einem 100—500 km breiten Saum zu beobachten und nur ausnahmsweise gelangt er über die Kontinentalstufe hinaus in die Abgründe der tiefen Ozeanbecken.

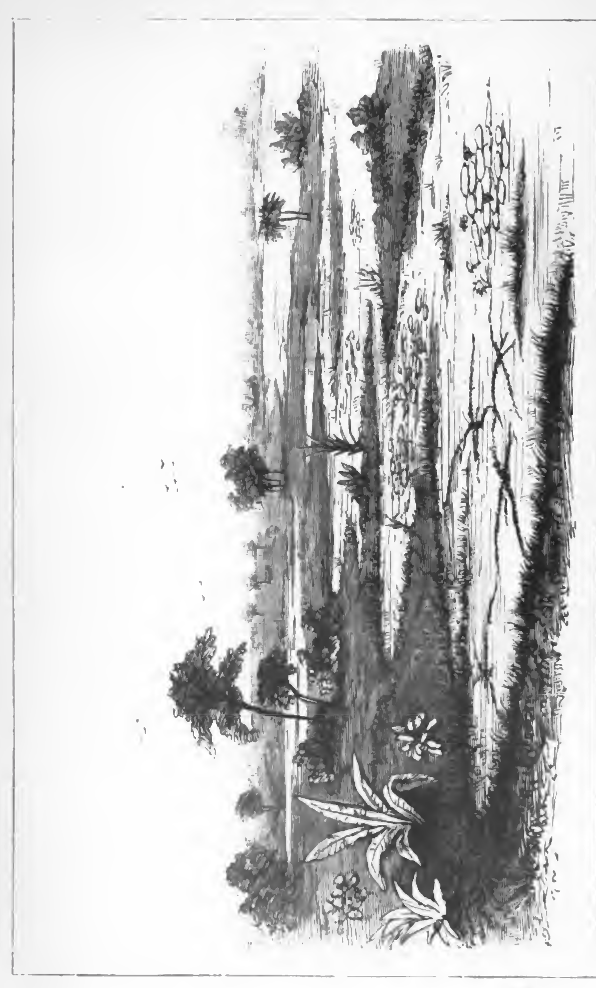


Fig. 60. Sumpflandschaft im Gangesdelta.

Die physikalische Beschaffenheit des Kontinentalschlammes ist überaus wechselnd. Bald ist er sandig, bald wie der feinste Thon, bald liegen grobe Kiese und Steinblöcke darin, bald ist er von ganz gleichmässigem Korn, bald beherbergt er eine grosse Fülle von Muscheln, Würmern und anderen Tieren und ist bewachsen mit reicher Algenvegetation, bald ist er unbewohnt und leblos.

Die Schlammmassen, welche sich um das Mündungsgebiet der Flüsse anhäufen, wachsen in vielen Fällen über den Meeresspiegel heraus. Solche angeschwemmte Länder nennt man wegen ihrer meist dreieckigen Form: Delta. Gegen 140 grössere Flüsse unter allen geographischen Breiten sind durch Deltabildung ausgezeichnet. Die Mangrove stützt den Verlandungsvorgang auf das kräftigste, und findet sich im Deltagebiet aller tropischen Flüsse.

Ein ununterbrochenes System von Kanälen und Flussarmen (s. Fig. 60) durchzieht das flache Delta des Ganges. Die aufgehende Sonne leuchtet mit rotbraunem Licht durch den dichten Nebel, der über der Landschaft liegt und sich nur langsam hebt. Wohin wir sehen, erblicken wir Sümpfe, Wasserlachen und Kanäle, auf denen braune Hindu in flachen Booten dahinfahren. Auf erhöhten Stellen sind ärmliche Dörfer aus Lehm gebaut, beschattet von schlanken Kokospalmen. Dann sehen wir hellgrüne Bananengärten von hohen Lehmmauern umgeben.

Sumpfvögel ziehen in langen Scharen über die wasserbedeckte Landschaft, violette und weisse Seerosen, Lotosblumen und Schilfgewächse schmücken die fieberschwangeren Sümpfe, und wo eine grössere Wasserfläche erscheint, da ziehen sich schön geschwungene Guirlanden von Wasser-

pflanzen in malerischen Festons von Ufer zu Ufer, oder rotbraune Azollarasen bilden eine schwimmende Decke.

So unterstützt von der Pflanzenwelt, welche den Rand des Deltas als Mangrove gegen die Brandung schützt und als Sumpfpflanzendecke seine Fläche verhüllt, wächst das Delta immer weiter ins Meer hinaus.

Manche grossen Flüsse zeigen die merkwürdige Erscheinung, dass sie eine Art untermeerisches Delta in der Weise bilden, dass sich ihr Flussbett als tiefe Rinne weit hinaus in das Meer verfolgen lässt.

Immerhin wird aber durch den Einfluss des Salzwassers dem Transport des Flussschlammes in das Meer hinaus bald eine Grenze gesetzt, und man kann annehmen, dass die Breite des Kontinentalschlammes nicht mehr als 200 km im Durchschnitt beträgt.

In der Nähe der Küste ist der Kontinentalschlamm sandig, aber auch weit draussen im Meere wechselt seine Beschaffenheit oftmals, und wo sich inmitten des Schlammes eine Austernbank angesiedelt hat, wo kalkschalige Tiere und Krebse leben, da mischt sich ihm leicht Kalksand bei, entstanden aus den zerbrochenen Schalen kalkabscheidender Tiere. Diese Schalenbruchstücke, deren Bildung auf Korallenriffen schon geschildert wurde, können so überhand nehmen, dass statt des Schlammes ein weisser oder gelber Kalksand den Meeresboden bedeckt. Jene submarinen Inseln im Golf von Neapel, auf denen eine so reiche Fauna gefunden wird, sind auf weiten Flächen mit solchem Kalksand (s. Fig. 61 S. 230) bestreut. Im Verlauf des Golfstromes zieht sich längs der Küste von Florida eine

Bank, das Pourtalèsplateau, bekannt wegen seiner reichen Fauna. Auch hier ist der ganze Meeresgrund mit Schalenbruchstücken und Kalksand übersät und der Einfluss des



Fig. 61. Muschelsand aus dem Golf von Neapel.
(Erklärung der Zahlen s. Verzeichnis der Abbildungen.)

Golfstromes auf die Bildung dieser Kalkbank ist eine interessante Erscheinung. Das reiche Planktonleben des Golfstromes veranlasst das reiche Tierleben am Meeres-

grund und die Schalen der absterbenden Tiere bauen jene Kalklager auf.

Verhärtet solcher Muschelsand, dann entstehen Kalksteine, wie sie im Felsgerüst der Erde aus älteren Formationen versteinert so häufig angetroffen werden. Andere, ähnliche Kalksteinlager entstehen durch das Auftreten zahlloser Kalkalgen, die wir in dem Abschnitt über die Meerespflanzen kennen gelernt haben.

Haben wir bisher nur diejenigen Absätze verfolgt, welche aus den durch Flüsse ins Meer getragenen, mineralischen und chemischen, Bestandteilen entstehen, so müssen wir auch der Absätze gedenken, welche durch die Brandung geschaffen werden.

Die Kraft der Abrasion haben wir in einem früheren Abschnitt kennen gelernt, und so wie der Schauplatz der Brandung ein Grenzgebiet zwischen Festland und Meer ist, so gehören auch die durch die Brandung geschaffenen Absätze bald dem Wasser, bald dem trockenen Festlande an.

Ein Saum gewaltiger Blöcke zieht sich um alle felsigen Steilküsten, und jene Anhäufungen runder Gerölle, welche wir am Strande so häufig beobachten, sind eine Wirkung der Brandung. Je weicher ein Gestein ist, je mehr es zerklüftet ist, desto leichter wird es durch die Wellen zerstört, und wenn eine Felsmasse aus hartem und weichem Material besteht, so wird dieses rasch zerrieben und nur der Gehalt an härteren Massen bleibt am Rande zurück.

Blendend weiss steigen die Kreidefelsen von Rügen (s. Fig. 62 S. 232) aus dem silbernen Spiegel der Ostsee, im herbstlichen Golde glänzen die Buchenwälder, welche die Felsen krönen. Zarte schwarze Punktreihen ziehen sich

durch die Kreidemasse hindurch, und leicht erkennen wir schwarzbraune Feuersteinknollen in ihnen, welche schichtenartig der Kreide eingelagert sind.

Eine ungeheure Menge dieser Feuersteinknollen bedeckt das Ufer bis zum Strande, grosse und kleine durcheinander-

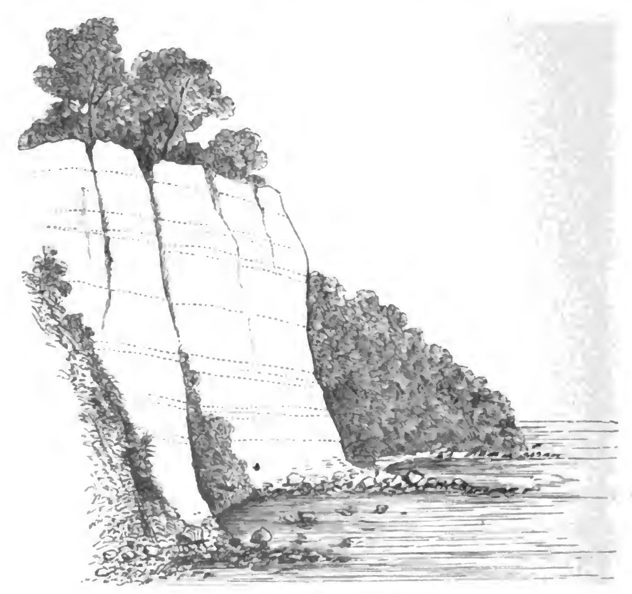


Fig. 62. Kreidefelsen auf Rügen.

geworfen und rundgerollt durch die Brandung. Bei stürmischem Wetter, wenn die brandende Welle an den Felsen von Jasmund arbeitet, wird das Meer weit hinaus von zerriebenem Kreidepulver milchweiss verfärbt. Die schweren und unzerstörbaren Feuersteinknollen aber, welche

vorher in der Kreidemasse verteilt waren, bleiben am Strande liegen und häufen sich hier immer mehr an. Ein Resultat der auslesenden Wirkung der Abrasion.

Der Boden der Ost- und Nordsee wird aus einem sandigen Schlamm gebildet, und am Strande wird durch die beständige Wasserbewegung der weichere und leichtere Schlammgehalt allmählich ausgewaschen, während die Sandkörner zurückbleiben. Bei Ebbe liegt die sandige Fläche trocken, landwärts wehende Winde tragen die Sandkörnchen der Küste zu und reinigen immer mehr den Sand von allem Staub. So wachsen im Laufe der Zeiten die Dünen aus dem Meere heraus und türmen sich als hohe Sandberge längs des Strandes auf.

Die Dünen auf Sylt und an der kurischen Nehrung erreichen mehr als 50 m Höhe. Hinter der ersten Düne häuft sich eine zweite auf, und wenn der Wind, welcher den lockeren Sand vom Dünenkamme abbläst, nicht neuen Sand auf der Meeresseite herbeiträgt, dann beginnt die Düne langsam zu wandern. Manche solcher Küstendünen wandern 3 bis 8 m im Jahre, und eine Reihe ostpreussischer und friesischer Dörfer sind durch wandernde Dünen vollständig begraben worden. Das Dorf Kuntzen (s. Fig. 63 S. 234) wurde vor hundert Jahren von der Kurischen Düne erreicht, 1830 war der Dünenberg ganz über das Dorf hinweggeschritten und seit jener Zeit kommen die Trümmer der Kirche und der Häuser allmählich wieder hinter der vordringenden Düne zum Vorschein. Kiefernwälder werden vom Sande überwältigt, und sonderbar ist der Anblick eines Waldes bei Schwarzort, dessen Bäume nur noch

mit ihren verdorrten Wipfeln aus dem tiefen Sandberge hervorschauen.

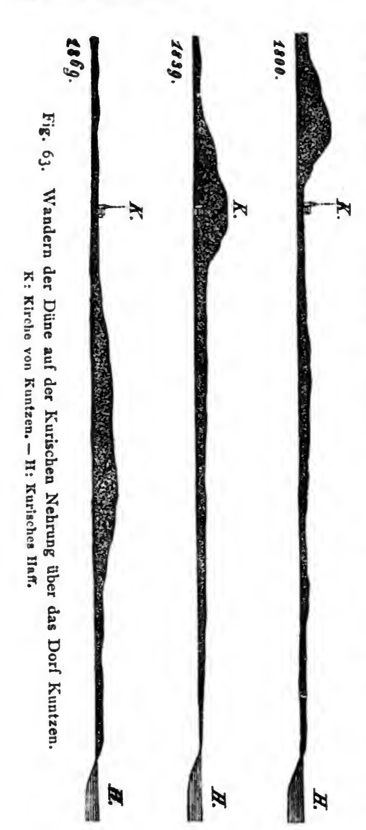


Fig. 63. Wandern der Düne auf der Kurischen Nehrung über das Dorf Kuntzen.
K: Kirche von Kuntzen. — H: Kurisches Haff.

Wenn eine Inselreihe schützend vor dem eigentlichen Festlande liegt und die Wellen verhindert, mit voller Kraft bis an das Ufer zu gelangen und dort den Strand zu schlämmen, dann bildet sich zwischen jener Inselreihe und dem Festlande ein schlammiges, bei Flut überschwemmtes, bei Ebbe halb entblösstes Vorland, welches an unseren norddeutschen Küsten als „Watten“meer (das man durchwaten kann) bekannt ist. In einer Entfernung von 20—30 km liegt westlich von Schleswig-Holstein eine Reihe von Inseln (s. Fig. 50), welche meist sandig, selten thonig sind, und deren bekannteste die Insel Sylt ist. Sylt bildet eine 25 km lange Dünenkette von 2 km Breite und bis 50 m Höhe, während ihre mittlere Höhe etwa 20 m misst.

Der Boden des Wattenmeeres besteht aus thonigem Schlick, welcher bei Flut vollkommen unter Wasser steht, während man bei Ebbe grosse Teile desselben zu Fuss (Schlickläufer) begehen kann. Meist wird die Watte durch tiefe Rinnen ungangbar gemacht und in grössere und kleinere Stücke zerlegt, an deren Rändern die Austernbänke liegen. Die Rinnen nennt man „Tiefen" oder „Auen" (Brüche), oder Aussenflethe, sie dienen auch bei Flut als Fahrstrassen für die das Wattenmeer befahrenden flachen Boote.

Sobald die erhöhten Wattengebiete so weit emporgewachsen sind, dass sie auch bei Flut trocken liegen, siedelt sich auf ihnen der Queller *(Salicornia herbacea)* an, und überzieht die entstehende Insel mit einem grünlichroten Rasen.

Aller Schlamm, der im Wasser schwebt, wird durch die wachsende Pflanzendecke festgehalten. Diese erhebt sich immer höher und höher und wächst als „Hallig" aus dem Meere hervor. Bald wächst auch der Andel *(Poa maritima)* oder der Horrich *(Carex acuta)* auf dem thonigen Boden, bis endlich nach Jahrhunderten der weisse Klee *(Trifolium repens)* erscheint und den Bewohnern der Küste anzeigt, dass jetzt die Hallige reif, d. h. zum Anbauen geeignet ist. Auf einem Erdhügel („Wart") errichtet der Halligbewohner sein Haus, Pfähle schützen es vor dem Anprall der Wogen, wenn bei Sturmflut die Wellen die Hallig überfluten.

Indem Teile des Wattenmeeres zum Festland werden, entsteht der sogen. Marschboden, ein fruchtbares Ackerland, das oftmals durch 10 m hohe Dämme (Deiche) gegen die anstürmenden Fluten geschützt werden muss.

---

21. Die Sedimente der Tiefsee.

Pelagische Sedimente. Diatomeenschlick. Radiolarenschlick. Tripelbildung. Globigerinenschlick. Der Tiefseethon ist nicht ein Lösungsrückstand von Globigerinenschalen. Versteinerung. Konkretionen.

Durch die Salze des Seewassers reinigen sich die Flüsse bei ihrem Eintritt in das Meer von allem Sand und Schlamm, den sie aus dem Innern des Festlandes heraus verfrachtet haben. Auch der durch die Brandung gebildete Kies, Sand und Schlamm wird nicht weit hinausgetragen, und jenseit der Hundertfadenlinie erreicht auch das Gebiet des Kontinentalschlammes rasch seine Grenze. So fehlen für die Tiefseegründe des offenen Ozeans alle jene Quellen mechanischer Absätze, und es darf uns nicht Wunder nehmen, wenn sich die Sedimente der Tiefsee von denen der Flachsee in mancher Hinsicht sehr wesentlich unterscheiden.

Sobald wir bei unseren Lotungen die Nähe der vulkanischen Inseln vermeiden und die tieferen Regionen der hohen See untersuchen, so finden wir den Meeresboden bedeckt mit Sedimenten, welche fast ganz aus den Resten von kleinen Organismen bestehen. Dieser sogen. Tiefseeschlick (englisch *ooze)* setzt sich zusammen aus den

kalkigen oder kieseligen Panzern mikroskopischer Tiere und Pflanzen.

In dem Abschnitt über Meerespflanzen haben wir schon erwähnt, dass in den Planktonmeeren die Diatomeen (s. Fig. 34) ungemein massenhaft auftreten. Nach dem Tode der Alge sinkt die Kieselschale langsam zum Meeresgrunde hinab, und indem diese Reste generationenweise hinuntersinken, bedeckt sich der Meeresboden auf weite

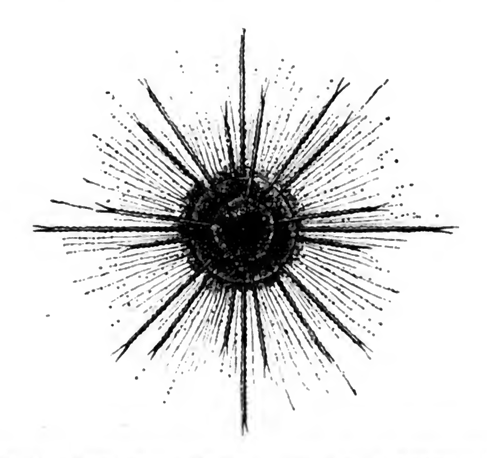


Fig. 64. *Acanthometra Mülleri*, ein Radiolar mit ausgestreckten Protoplasmafäden.

Erstreckung mit einem feinen mehlartigen Sediment, dem „Diatomeenschlick", einer Art Tripel, welche fast nur aus den Kieselschälchen von Planktonalgen besteht. Im Südlichen Indik und Pazifik bedeckt der Diatomeenschlick 2000 bis 3500 m tief eine 1000 km breite Zone. Ausser-

dem beobachtet man in den meisten anderen Tiefsee-ablagerungen vereinzelte Reste von Diatomeen eingestreut.

Auch die zierlichen Kieselpanzer der Radiolarien werden in allen Arten mariner Sedimente getroffen; im Pazifik bedeckt ein fast nur aus Radiolarien bestehender Radiolarienschlick in Tiefen von 4000 bis 8000 m den Meeresboden. Im getrockneten Zustande ist es ein hellbraunes staubendes Mehl. Jedes Stäubchen enthüllt unter

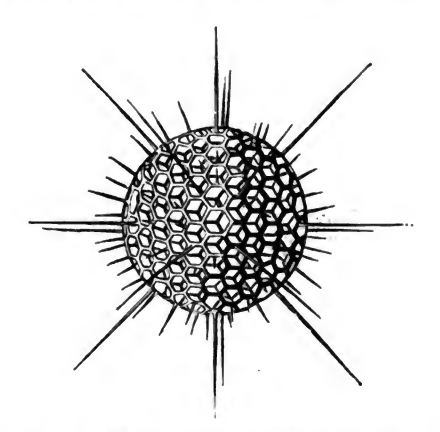


Fig. 65. Kieselskelett einer *Heliosphaera echinoides.*

dem Mikroskop eine wundersame Fülle der schönsten Radiolarien und es ist geradezu ein ästhetischer Genuss, sich in den Formenreichtum und die Schönheit dieser kleinen Gebilde zu versenken, deren einige in Fig. 64 und Fig. 65 dargestellt sind. Die grössten Radiolarien sind mit dem blossen Auge noch sichtbar, die Mehrzahl derselben ist aber mikroskopisch klein. Bald sind es zier-

liche glashelle Gitterkugeln, zwei oder drei ineinandersteckend wie die bekannten chinesischen Elfenbeinschnitzereien, bald sehen wir zarte durchbrochene Helme und Hütchen, mit Dornen und Stacheln bewehrt; oder ein Balkenwerk zartester Kieselstäbchen umgiebt den Protoplasmaleib, jedes Stäbchen ist verästelt und jeder Ast trägt an seiner Spitze einen kleinen Stern. Hier sehen wir Scheiben aus Kieselgewebe, mit konzentrischen Ringen und einem Kranz von Stacheln am Rande, dort zweiklappige Schalen, welche durch zarte Zähne mit einander verbunden sind. Tausende dieser Schälchen müssen sich aufhäufen, ehe nur ein sichtbares Stäubchen entsteht, und Millionen sind in jedem Kubikcentimeter enthalten.

So bilden sich aus planktonischen Pflanzen und Tieren ausgedehnte Kiesellager am Boden der Tiefsee, und lassen uns einen Blick thun in die unendlich lange Dauer geologischer Zeiträume. Denn wenn wir erwägen, wie lange Zeit nötig sein mag, bis der Meeresboden meterhoch mit mikroskopischen Kieselschalen von Organismen überstreut wird, welche mehrere tausend Meter weiter oberhalb im Wasser schwimmend lebten, da können wir erst ermessen, wie lange Zeit nötig sein mag, um radiolarenreiche Tripelgesteine zu bilden, wie sie in den Schichten der Erdrinde neuerdings immer mehr verbreitet nachgewiesen werden.

Ungleich verbreiteter und geradezu kosmopolitisch sind dagegen die Kalkabsätze organischen Ursprungs am Meeresgrunde, deren charakteristischer Gehalt an *Globigerina* sie als Globigerinenschlick bezeichnen lässt. Indem wir, von der Küste aus lotend, immer tiefere Regionen untersuchen, verschwindet allmählich der Kontinentalschlamm.

Immer seltener werden Sand- und Mineralkörnchen, der grünblaue Schlamm erhält eine weissliche Farbe und geht durch eine Reihe von Übergängen in ein graues, kreideartiges Sediment über, welches von den ersten Untersuchern geradezu als Tiefseekreide benannt wurde. Eine scharfe Grenze zwischen Kontinentalschlamm und Globigerinenschlick kann nur künstlich in der Weise gezogen werden, dass man ein Sediment mit Globigerinen und einem Kalkgehalt von 40° Globigerinenschlick nennt, kalkärmere Sedimente aber als Kontinentalschlamm bezeichnet.

Bis vor zwanzig Jahren nahm man allgemein an, dass die *Globigerina* und *Orbulina*, welche einen so hervorragenden Anteil an der Zusammensetzung der Tiefseeablagerungen aller Meere nehmen, in jenen Tiefen leben in welchen die toten Schalen gefunden werden, also von 450 m bis 5300 m. Man konstatierte in einzelnen Schälchen noch Reste von Protoplasma, fand ihre Schalen in den Eingeweiden von grösseren Tiefseetieren und schloss daraus, dass die Globigerinen den Boden der Tiefsee bevölkern. Erst die Forschungen der Challengerexpedition ergaben das überraschende Resultat, dass die Globigerinen dem pelagischen Plankton angehören. Freilich sehen die Schalen lebender Exemplare ganz anders aus, als die Reste toter Tiere, denn jene sind mit einem Wald zarter langer Kalknadeln besetzt (s. Fig. 52), welche durch Vergrösserung der Oberfläche auf Kosten der Masse die Tierchen befähigen, ohne Mühe im Wasser zu schweben. Durch die geringste Erschütterung fallen diese Nadeln sofort ab, und diese entblössten Schalen haben dann ein ganz anderes Aussehen.

Das Planktonnetz ist oft erfüllt mit lebenden Globigerinen, wenn es in 2 bis 20 m Tiefe gezogen wurde, und alle toten Schalen fallen langsam in die Meerestiefe hinab. Am Meeresgrunde gesellen sich zu ihnen Coccolithen und Rhabdolithen, deren pflanzliche Natur wir früher kennen gelernt haben. In einem Kubikcentimeter Globigerinenschlick fand Gümbel:

5000	grössere Foraminiferenschalen
200 000	kleinere Foraminiferen
220 000	zerbrochene Schalenreste
240 000	Mineralkörnchen
4 800 000	Kalkstäbchen und Kalkkörnchen
1 000 000	Coccolithen

und viele kieselige Organismenreste.

Der Globigerinenschlick findet sich am Boden der wärmeren Meere. Im Nordatlantik ist er im Osten wegen des Golfstromes weiter nach Norden verbreitet, auf der südlichen Halbkugel dagegen geht er nur bis zum fünfzigsten Breitengrad.

Statt seiner findet sich zwischen Spitzbergen und Island ein weites Gebiet des Meeresbodens mit solchen Mengen von *Biloculina,* einer am Boden lebenden Foraminifere, bedeckt, dass man von einem Biloculinaschlick sprechen kann. Der Kalkgehalt desselben erreicht zwischen Jan Mayen und Island 56 Prozent.

Ebenso wie der Globigerinenschlick durch allmähliche Übergänge und Zunahme des Kalkgehaltes aus dem Kontinentalschlamm der geringeren Wassertiefen entsteht, so wird er auch nach der Mitte der Ozeane zu kalkärmer.

Der starke Kohlensäuregehalt des Tiefseewassers löst die zarten Schälchen allmählich auf, und indem der Kalkgehalt des Sedimentes geringer wird, entsteht endlich ein kalkfreier rötlicher knetbarer Thon, der Rote Tiefseethon. Derselbe ist auch mit Diatomeenschlick und Radiolarienschlick durch allmähliche Übergänge verbunden und bedeckt von 4000 m ab die grössten Tiefen aller Ozeane. Der Tiefseethon ist meist rotbraun oder braun, selten grau, seine knetbare Konsistenz erinnert an Töpferthon. Durch Eintrocknen wird er steinhart.

Da man oftmals ganz allmähliche Übergänge zwischen Globigerinenschlick und Tiefseethon gelotet hatte, war die Vermutung naheliegend, dass dieser aus jenem entstanden sei, und man hielt dasselbe für um so wahrscheinlicher, da man angeätzte und korrodierte Globigerinen beobachtet hatte. Zur Gewissheit aber schien jene Annahme zu werden, als man Tiefseethon aus Globigerinenschlick erzeugte, indem man ihn mit Säuren entkalkte. Thatsächlich bleibt, wenn man 100 gr Globigerinenschlick mit Salzsäure behandelt, 1 bis 5 gr eines unlöslichen schwärzlichen Schlammes übrig, welcher unter dem Mikroskop grosse Übereinstimmung mit dem Tiefseethon zeigt. Man glaubte infolgedessen, dass am Meeresboden allmählich die Kalkschalen der Foraminiferen aufgelöst würden und dass als Lösungsrückstand der in der Schale fein verteilte unlösliche Mineralgehalt, der Tiefseethon, übrig blieb.

Allein jene scheinbar so gut bewiesene Hypothese erwies sich als unrichtig. Wenn man nämlich grössere Mengen frisch gefangener Globigerinen mit Säure behandelt, so bleibt kein Thon übrig. Es kamen andere Schwierig-

keiten hinzu, und heute ist man allgemein der Ansicht, dass Globigerinen und Tiefseethon vielfach mit einander gemischt am Meeresboden auftreten, dass aber ein ursächlicher Zusammenhang zwischen beiden Sedimenten nicht besteht.

Fragen wir nun nach dem Ursprung des Tiefseethones, so scheint seine Quelle in sehr verschiedenen Gebieten zu liegen. Zwar gelangt der Schlamm der Flüsse nicht hinaus in das offene Meer, dagegen ist der Ozean besät mit vielen vulkanischen Inseln, welche bei ihren Eruptionen aus der Tiefe des Erdinnern ungeheuere Massen von Asche und Bimssteinen in die Luft stossen. Der Aschenregen des Askja auf Island wurde 1875 bis nach der Ostsee getragen, und die Asche des Krakatau in der Sundastrasse wurde bis Rodriguez, auf eine Entfernung von 3000 km ausgeworfen. Zahllose Bimssteine bedecken nach solchen Eruptionen die Meeresoberfläche und nachdem sie eine Zeit lang geschwommen sind, saugen sie sich voll Wasser und sinken unter. So ist der Meeresboden um vulkanische Inseln herum selbst fern von den Kontinenten mit Mineralsand und Schlamm bedeckt und wahrscheinlich entsteht durch deren allmähliche chemische Zersetzung der Tiefseethon der grössten Meerestiefen. Noch ist aber das Problem seiner Herkunft keineswegs endgültig gelöst; vielleicht spielt kosmischer Staub bei seiner Bildung eine wichtige Rolle.

Die Sedimente des Meeres sind von Natur locker und weich gebildet, sie stellen ursprünglich einen knetbaren Thon, einen zerreiblichen Sand dar. Jedoch vollziehen sich schon am Meeresgrund in den tieferen Schichten der

frisch gebildeten Sedimente Vorgänge, welche eine Verfestigung und Verkittung derselben veranlassen. Minerallösungen durchtränken den Thon, der grosse Druck der darüber lastenden Wassersäule presst die Schlammteilchen an einander, cämentierende Substanzen krystallisieren aus, und allmählich wird der flüssige weiche Schlamm zu zähem Thon und endlich zu einem festen Mergel; der lockere Kalksand wird zu einem weichen kalktuffähnlichen Gestein und durch immer weiter gehende Verfestigung zu Kalkstein, aus dem Meeressand wird ein dünngeschichteter Sandstein und die Gerölle werden zu einem Puddingstein, einem Konglomerat verfestigt.

Wenn auch die endgültige „Versteinerung“ mariner Sedimente erst dann erfolgt, wenn der betreffende Meeresgrund trockengelegt ist und Festland wird, so bereiten sich doch diese Vorgänge schon vor, so lange jene noch am Meeresgrunde weilen, und eine Fülle komplizierter chemischer Prozesse wandeln die Beschaffenheit der frisch gebildeten Sedimente.

Zu den auffallendsten und merkwürdigsten derartigen Umwandlungsvorgängen gehört die Bildung jener Konkretionen, die in Tiefseeablagerungen oft gefunden werden.

Wenn eine schlammige oder knetbare Masse, in der sich einzelne härtere Körnchen befinden, von einer chemischen Lösung durchtränkt wird, dann geschieht es leicht, dass die gelöste Substanz um jene Fremdkörper auskrystallisiert und sich um dieselbe als sogen. Konkretion herumlagert. Ihren aufeinanderfolgenden Wachstumsstadien entsprechend bestehen solche Konkretionen öfters aus übereinanderliegenden Schalen und Krusten, so dass ein Durchschnitt

in der Mitte einen Kern und um diesen herum schalige konzentrische Blätter erkennen lässt.

Solche Konkretionen von Kalk, Baryt, Phosphorit, Eisen oder Mangan gehören zu den weitverbreiteten Einschlüssen in Tiefseesedimenten. Besonders haben die sogen. Mangankonkretionen, die man in dem Tiefseethon mehrfach gefunden hat, allgemeine Aufmerksamkeit erregt. Sie sind 1—8 cm gross (s. Fig. 66), von runzliger Ober-

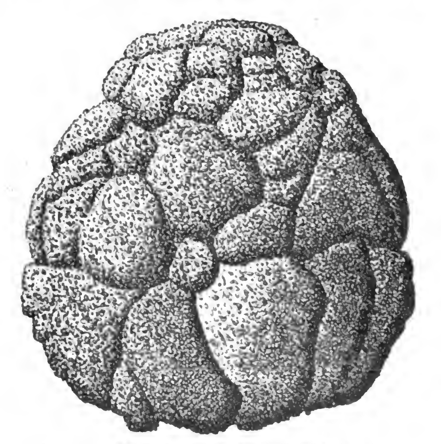


Fig. 66. Manganknollen aus Tiefseeschlamm.

fläche und enthalten 23 % Mangansuperoxyd. Als Krystallisationskerne fand man mineralische Körnchen, oder Gehörsteine von Fischen, Haifischzähne von 10 cm Länge und Gehörknochen von Waltieren. Besonders die Haifischzähne waren interessant, denn sie gehören einer gegenwärtig ausgestorbenen Art an. Sollte es nicht gelingen, diese Riesenhaie noch einmal lebend zu beobachten, so müsste man

annehmen, dass in jenen Tiefen seit der mittleren Tertiärperiode kein Sediment mehr gebildet wurde. An einer Stelle 4250 m tief, südlich der Marquesas-Inseln, fand man mehr als hundert solcher Haizähne und 35 Paukenknochen von Waltieren zusammen.

Eine Zeit lang hatte man geglaubt, dass diese Manganknollen eine charakteristische Tiefseeerscheinung seien, bis Buchanan im Loch Fyne bei Glasgow in 110 m Tiefe auf ganz beschränkter Stelle eine grosse Menge ganz ähnlicher Manganknollen entdeckte, so dass damit nachgewiesen wurde, dass die Bedingungen für ihre Bildung auch in geringen Tiefen vorkommen können. Die geographische Verbreitung der Manganknollen spricht sehr dafür, dass sie an die Nähe augitischer Lava gebunden sind.

Wir hätten zum Schluss die kleinen magnetischen Bronzitkügelchen zu erwähnen, welche man in vielen Sedimenten der Tiefsee entdeckt hat. Sie stammen wahrscheinlich aus dem Weltenraum und sind als kosmischer Staub in den Ozean gefallen.

---

22. Vulkanische Inseln.

Vulkaninsel bei Sizilien. Entstehung der Vulkane, eine Folge des Gebirgsbildungsprozesses. Aufschüttung. Kettenvulkane auf Bruchspalten. Lava. Bimsstein. Asche. Vulkanischer Tuff. Abrasion eines Vulkans.

Im Jahre 1831 wurden Naturforscher und Laien in nicht geringe Aufregung versetzt durch die Nachricht, dass zwischen Sizilien und Tunis eine neue Insel entstanden sei. Am 9. Juli traf die sizilische Brigg „Teresina“, Kapitän Corrao, auf ihrer Reise von Trapani nach Girgenti viele tote Seefische und schwarze Schlacken auf dem Meere schwimmend an. Am 10. Juli sah sie auf Schussweite eine Wassermasse 20 m hoch und 120 m im Durchmesser sich über das Meer erheben (s. Fig. 67 S. 248) und Rauch und Schwefelgeruch entwickeln, der bis zum 16ten wahrgenommen wurde, als das Schiff auf seiner Rückkehr daselbst ein 4 m hohes Land passierte, welches nach dem Entdecker „Corrao-Insel“ genannt wurde.

Auf Grund der vernommenen Kunde sandte der englische Viceadmiral Hotham ein Kriegsschiff nach der neuen Insel. Dieselbe hatte am 3. August 100 m Höhe und 6 km Umfang. Kapitän Smith nannte sie „Hotham-Island“.

Im September besuchte C. Prévost im Auftrage der französischen Regierung die Insel, welche jetzt von kegelförmiger Gestalt war und in der Mitte einen 60 m tiefen Krater besass, der durch einen orangefarbenen See von 60 m Durchmesser und 98° R. Temperatur erfüllt war. Die Insel bestand aus lockeren Aschen und Schlacken und



Fig. 67. Ausbruch des submarinen Vulkans „Isola di Corrao".

wurde von Prévost, weil sie im Juli entstanden war, „Julia" getauft.

Endlich besuchte ein italienisches Kriegsschiff die neuentstandene Insel, und der Kapitän desselben nannte sie nach seinem König „Isola di Fernando".

Während sich die Regierungen stritten, wem die vielnamige Insel gehören solle, arbeiteten schon die Wellen an ihrer Zerstörung und im Jahre 1832 bezeichnete nur noch eine Untiefe die Stelle, wo sie entstanden war.

Zu jener Zeit war unter den Geologen ein heftiger Streit über die Entstehung der Vulkane entbrannt. Die einen behaupteten, dass Vulkane durch Auftreibung des Bodens, durch eine zentrifugal wirkende hebende Kraft entstünden, die anderen nahmen an, dass alle Vulkane durch allmähliche Aufschüttung gebildet würden. Eine Aufschüttung von lockerem Material, das um den Eruptionsschlund herum niederfällt, erhöht zwar den betreffenden Boden, allein eine „Hebung des Erdbodens" erfolgt dabei nicht. Heute ist der Streit dahin entschieden, dass man alle Vulkane als Aufschüttungen betrachtet.

Wir haben in einem frühern Abschnitt gesehen, dass das Wesen der Gebirgsbildung nicht in einer von unten nach oben wirkenden Hebungskraft zu suchen ist, sondern dass durch Kontraktion des Erdinnern eine Runzelung der Erdrinde erfolgt, dass diese durch Seitenschub veranlasste Faltung zwar hohe Gebirge auftürmt, aber nicht durch hebende, sogen. vulkanische Kräfte veranlasst wird. Die Entstehung der Vulkane ist nicht die Ursache, sondern die Folge des Gebirgsbildungsvorganges. Wenn durch Einsinken von Erdschollen oder durch Faltung der Erdrinde, Spalten in der letzteren entstehen, dann wird momentan der Druck der Erdrinde auf das Erdinnere erleichtert, die flüssige Gesteinsmasse findet einen offenen Kanal und dringt mit Vehemenz durch denselben an die Erdoberfläche heraus. Das nennt man Vulkanbildung.

Nicht jedesmal gelangt die feurige Masse bis zur Erdoberfläche, und wenn die Spalten nicht bis oben offen sind, so bleibt die vulkanische Masse unterwegs im Gestein stecken, erkaltet dort und wird erst sichtbar, wenn durch Denudation die darüber liegenden Gesteinsschichten abgetragen worden sind. Solche Gebirgsbewegungen sind von Erschütterungen begleitet, welche als Erdbeben wohlbekannt sind.

Wenn man auf unserer Karte die Verteilung der Vulkane auf der Erdoberfläche verfolgt, so bemerkt man, dass dieselben in langen Reihen angeordnet sind. Viele Inselketten sind vulkanischen Ursprungs, die Kordilleren werden von Vulkanreihen begleitet. Diesen Reihenvulkanen stehen die Gruppenvulkane gegenüber. Jene treten an den Rändern der Gebirge und der Kontinente, diese inmitten der Ozeanbecken oder der Festländer auf. Übergänge sind zahlreich.

Nun haben wir früher gesehen, dass die Ozeanbecken durch kesselartiges Einsinken mächtiger Erdschollen entstehen. Es ist leicht begreiflich, dass lange lineare Spalten die Senkungsfelder von den stehenbleibenden Horsten abgrenzen, und es darf uns nicht Wunder nehmen, wenn wir längs dieser Spalten Reihenvulkane auftreten sehen. Gruppenvulkane dagegen treten in der Mitte der einsinkenden Schollen am leichtesten auf.

Wir können die ursächlichen Beziehungen zwischen Gebirgsspalten, Erdbeben und Vulkanen hier nicht weiter ausführen und müssen uns jetzt den Vorgängen bei der Eruption zuwenden.

Zwei Elemente sind es, welche den Vulkankegel aufbauen, beide äusserlich von sehr verschiedenem Charakter und doch in ihrem Wesen eng verbunden und mit einander verwandt.

Die Lava ist geschmolzenes Gesteinsmaterial, ein Teil des überhitzten Erdinnern. Ursprünglich ist die Lava ein homogenes Glas. Solche glasige Lava wird Pechstein genannt, und findet sich an vielen Vulkanen. Durch langsame Abkühlung gruppieren sich die einzelnen Gemengteile des Glasflusses zu Mineralaggregaten oder Krystallen. Wenn vereinzelte Krystalle in einer gleichartigen Grundmasse eingebettet sind, entsteht porphyrische Struktur, wenn alle Grundmasse zu Krystallen ausgeschieden wird, entstehen vollkrystallinische Laven. So kennt man alle Übergänge vom Pechstein zum Basalt, vom Porphyr zum Granit, und gross ist die Zahl der verschiedenen vulkanischen Gesteine, welche als Lava bezeichnet werden können.

Wenn während der Eruption nur Lava ergossen wird, dann breitet sich dieselbe als ausgedehnte Decke über weite Flächen aus. Zentralindien ist aus solchen Basaltdecken aufgebaut und in Nordamerika erreichen sie nicht minder erhebliche Wichtigkeit.

Wenn die aus einer Spalte hervordringende Lava Gase enthält, welche beim Austritt infolge der Druckverminderung sich ausdehnen, so wird die Lava schaumig. Sind nur wenig Gase in der Lava, dann entsteht ein blasenerfülltes Gestein, wenn aber die ganze Masse schaumig aufgetrieben wird, so entsteht Bimsstein, und wenn durch die Expansionskraft der eingeschlossenen Gase Alles

in kleine Flocken zerrissen wird, entsteht vulkanische Asche. Untersucht man Bimsstein oder vulkanische Asche unter dem Mikroskop oder im chemischen Laboratorium, so erkennt man, dass sie nur in der Struktur von Lava verschieden, aber aus denselben Bestandteilen zusammengesetzt sind.

Dringt nur Lava aus der Eruptionsspalte zu einem Deckenerguss aus, dann ist es sehr schwer, unter der erkalteten Decke die Eruptionsstelle aufzufinden. Wenn aber neben der Lava auch vulkanische Asche ausgestossen wird, dann häuft sich diese um den Schlot herum zu einem ringförmigen Wall auf, bildet einen Vulkankegel, und einen Krater. S. Fig. 68.

Aus abwechselnden Schichten von Asche und von Lava baut sich somit der Vulkan auf. Dass ein so lockeres Bauwerk nicht lange im Meere unverändert bleiben kann, ist leicht verständlich. Kaum ein zweites Gestein ist so zerstörbar als vulkanische Asche, oder wie man sie im verfestigten Zustande nennt: vulkanischer Tuff. Die Abrasion nagt an den Wänden der vulkanischen Insel, und die Geschichte der Insel „Corrao“ lehrt uns die Vergänglichkeit vulkanischer Gesteine.

Man pflegt wohl einen Unterschied zu machen zwischen thätigen und erloschenen Vulkanen, aber dieser Unterschied hat keine tiefere Bedeutung; nach langer Pause beginnt die vulkanische Thätigkeit sich wieder zu regen, und erneute Eruptionen überschütten weithin das Meer mit Bimsstein und Asche.

So kämpft auch hier eine Kraft des Erdinnern mit der Abrasion an der Meeresoberfläche. Mechanisch und

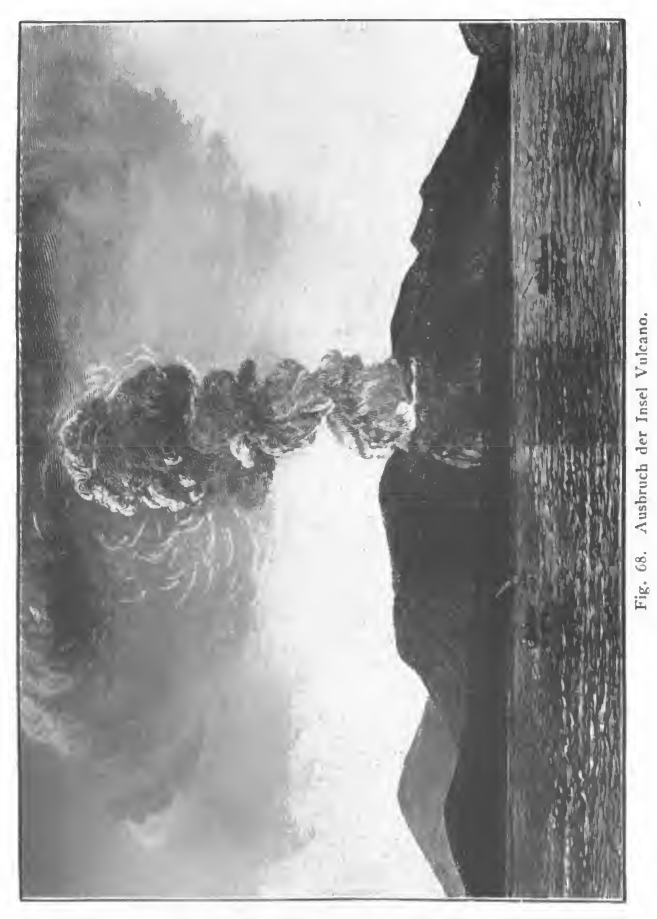


Fig. 68. Ausbruch der Insel Vulcano.

chemisch frisst sich das Meer in die Flanke der vulkanischen Insel hinein und bald hat es sich einen Weg

gebahnt bis zu der Höhlung des Kraters. Die Insel Nisida und andere vulkanische Inseln zeigen dieses Stadium, und der Kratersee bildet einen geschützten Hafen.

Unermüdet schreitet die Abrasion weiter, immer mehr werden Lavadecken unterspült, Aschenwände abgetragen, das Meer sägt die vulkanische Insel im Brandungsniveau vollkommen durch, und nach einiger Zeit bezeichnet nur noch eine Untiefe die Stelle, an welcher sich vorher eine dampfende Vulkaninsel befand. Korallenriffe siedeln sich auf der felsigen Untiefe an, und schützen die Klippe vor weiterer Zerstörung. In kälteren Zonen aber geht der Abrasionsprozess immer weiter, trägt die Basis des Vulkanes immer tiefer ab, und erniedrigt das Niveau der Untiefe.

Da solche Vulkanreste gewöhnlich als härtere Klippen aus dem weichen Meeresschlamm der Umgebung hervorragen, siedeln sich hier gern alle diejenigen Tiere an, welche tiefes Wasser und festen Untergrund lieben. Muscheln, Schnecken, Krebse, Seeigel, Seesterne und Schwämme wachsen darauf und gedeihen so gut, dass bald die submarine Klippe von den Resten dieser Tiere bedeckt ist. Es bildet sich ein Lager von Muschelsand und die Felsengründe im Golfe von Neapel, deren Tierreichtum wir früher geschildert haben, sind solche Denudationsreste ehemaliger vulkanischer Inseln.

---

23. Inselleben.

Kontinentale und ozeanische Inseln. Struktur. Form. Fauna und Flora. Besiedelungswege. Flügellose Insekten. Veränderung der Fauna und Flora. Azoren und Galapagos. Australien. Aussterbende Formen auf Inseln isoliert.

Die Weltabgeschiedenheit einer einsamen Insel ist von jeher ein willkommener Vorwurf gewesen, um glückliche Zustände zu schildern. Das Land der Phäaken, der Schauplatz von Paul und Virginie, die Erlebnisse Robinsons sind bekannte Beispiele hierfür. Und was kann es Schöneres geben, als auf einer Insel mitten im weiten Meer zu träumen, losgelöst von dem unruhigen Treiben festländischen Verkehrs, unbekümmert um die schwankenden Geschicke des Weltgeschehens.

Mag auf dem unbewohnten felsigen Eiland in der Ostsee ein nordischer Regenwind unsere Hütte umtoben und aufgeregte graue Wogen den klippenreichen Strand jedem Lotsenboot unerreichbar machen, oder mag auf der Koralleninsel im Indischen Ozean ein stahlblauer Himmel mit dem Ultramarin des Meeres an Farbenpracht wetteifern und schwanke Palmen über unserem Haupte sich wiegen, — der poetische Reiz des Lebens auf einsamer Insel wird immer neue Schönheiten bieten, und wer es

nur einmal genossen hat, der wird sich in seinen schönsten Träumen der einsamsten Stunden erinnern, welche er auf einer stillen Insel im unendlichen Weltmeere verleben durfte.

Aber ebenso, wie wir uns niemals ganz loslösen können von den Beziehungen, welche unser Sein und Fühlen an das Festland knüpfen, wie wir selbst auf der fernsten Insel, des Kontinents werden gedenken müssen, den wir verlassen haben, und wohin uns liebe Erinnerungen zurückziehen, so dürfen wir auch naturwissenschaftlich die Inseln des Meeres nicht losgelöst und isoliert betrachten, sondern unsere Aufgabe ist es, den mannigfachen Beziehungen nachzuspüren, welche zwischen Insel und Kontinent bestehen, dann erst wird uns die Naturgeschichte der Inseln interessant und lehrreich.

Man pflegt die Inseln in zwei Gruppen zu teilen. Die einen sind Stücke des benachbarten Kontinentes und haben einst mit diesem zusammengehangen, bis sie durch geologische Vorgänge abgetrennt wurden. Andere Inseln sind Kinder des Meeres, sind aus dem Schosse des Ozeans geboren und haben erst nachträglich Beziehungen zu grösseren Festländern erhalten.

Die ersteren, die kontinentalen Inseln, finden sich besonders in solchen Gebieten, wo die Brandung und die Abrasion kühn hineingedrungen sind in das Gefüge einer Felsenküste. Die Inselschwärme, welche Skandinavien und Grossbritannien umgeben, die Inseln des Jonischen Meeres, der dalmatinischen Küste dürfen als solche zerstückelte Festländer angesehen werden. Mögen sie aus Granit, Kalk oder Sandstein bestehen, immer sind sie aus den-

selben Gesteinen aufgebaut, wie die zunächst liegende kontinentale Küste.

Die andere Art der Inseln unterscheidet sich durch ihre Struktur und ihre Entstehungsweise ziemlich gründlich von den kontinentalen Inseln. Sie sind meist aus lockeren, ganz jungen Sedimenten, aus Sand, Schlamm, Korallen oder vulkanischer Asche aufgebaut, niemals haben sie in Verbindung gestanden mit einem Kontinent, sie sind aus dem Meere herausgewachsen.

Wenn auf dem flachen Meeresboden der Schlamm durch Strömungen aufgehäuft, vielleicht durch Mangrovewurzeln dann befestigt wird, so entsteht eine jener Schlamminseln, wie sie sich im Deltagebiet grosser Flüsse oder im flachen Wasser der Kontinentalstufe leicht bilden können. Die Halligen des Wattenmeeres, die Laguneninseln auf denen Venedig erbaut ist, die Inseln der Sunderbunds sind Beispiele dafür.

Ist der flache Meeresboden mit Sand bedeckt, der durch Stürme und Strömungen zusammengehäuft wird, dann entstehen jene Sandinseln, welche, den Nehrungen nahe verwandt, in fortlaufendem Kranze die deutsche Nordseeküste von Holland bis nach Dänemark umgeben. Borkum, Norderney, Wangerog, Amrum, Sylt, der westliche Teil von Rügen mit Hiddensö gehören hierher.

Wenn sich auf seichtem Meeresboden Korallenriffe ansiedeln, und allmählich bis zum Meeresspiegel heraufwachsen, so bilden sich Inseln aus Kalkstein, die als Koralleninseln wohlbekannt sind und in einem gesonderten Abschnitt besprochen wurden.

Entstehen endlich mitten im Meere vulkanische Ausbrüche, so bilden sich durch Aschen- und Lavaergüsse auch hier Inseln und Inselgruppen, welche vorher mit dem Kontinent zusammengehangen haben. Und wenn wir, am Ufer des Golfes von Neapel stehend, hinausblicken auf die inselreiche Landschaft, da sehen wir in Capri eine kontinentale Insel, welche in engster Zusammengehörigkeit mit der Halbinsel von Sorrent steht, während uns Ischia und Procida und die ferneren Kegel der Ponzainseln den zweiten Typus der ozeanischen Inseln vor Augen führen.

In manchen Fällen wird es freilich schwer, den genetischen Zusammenhang einer Insel mit dem benachbarten Festlande nachzuweisen, und die Frage, ob Helgoland je landfest mit Norddeutschland verbunden war, muss als offen betrachtet werden; ebenso wie die Beziehungen von Rügen zu Pommern nicht leicht zu enträtseln sind.

Eben so verschieden wie die Entstehung der Inseln ist ihre Form und Grösse. Während Neu-Guinea grösser als Deutschland ist, sind viele Inseln so klein, dass man sie nicht einmal benannt hat. Junge Vulkaninseln sind oft von der Form eines regelmässigen Kegels, durch Abrasion wird diese regelmässige Gestalt vielfach abgeändert. Kontinentale Inseln haben meist steile felsige Ufer und einen zackigen Umriss. Sandinseln haben flache Ufer und rundliche Form. Auch die Neigung der Inselgehänge bis zum Meeresgrunde ist grossen Verschiedenheiten unterworfen. Man hat durch Lotungen gefunden, dass manche Inseln des Stillen Ozeans mit 80° steilen Wänden emporsteigen, dagegen schmiegt sich oft der Fuss der Inseln

ganz unmerklich an die flache Neigung des Meeresbodens an.

In vielen Fällen kann man aus der Struktur einer Insel keinen sicheren Schluss ziehen auf die Entstehungsgeschichte derselben. Doch wenn die Geologie uns im Stiche lässt, finden wir in dem Tier- und Pflanzenleben der Insel bedeutsame Fingerzeige über ihre Vorgeschichte.

Keine Insel ist absolut leblos, selbst die einsamste Klippe im Eismeer dient während des Sommers einmal einer Möwe oder einem Seehund zur Rast, und am Strande der eben aus dem Meere auftauchenden Koralleninsel werfen die Wellen eine Kokosnuss ans Land und bald keimt diese zur stattlichen Palme empor. Treibholzflösse schwimmen den Amazonenstrom herab, Affen, Tigerkatzen, Eichhörnchen, Insekten und Würmer machen wider Willen die Reise weit hinaus in das Meer, und werden von Strömungen nach einsamen Inseln verschlagen. Admiral Smyth sah bei den Philippinen nach einem Sturme mitten im Meere solche schwimmende Inseln, und die aufrecht stehenden Laubbäume dienten dem sonderbaren Fahrzeug als Segel.

Schlangen findet man nur selten auf ozeanischen Inseln, dagegen werden Eidechsen leicht durch Treibholz überall verbreitet. Landschnecken sind ungemein widerstandsfähig gegen Salzwasser, und nach vierzehntägigem Einlegen in Seewasser fand Darwin von 100 noch 27 Stück lebend. So können wir leicht verstehen, dass man sie auf den einsamsten Inseln vorfindet.

Wir sehen daraus, welchen Einfluss die Organisation einzelner Tierarten auf ihre geographische Verbreitung

ausübt, und wie die Fauna und Flora ozeanischer Inseln von derselben abhängig ist.

Aber da nur wenige Tiere im stande sind, durch aktive Schwimmbewegungen eine küstenferne Insel zu erreichen, so sind in zweiter Linie die Luft- und Meeresströmungen von hervorragender Bedeutung. Europäische Vögel finden sich in fast identischen Arten auf den vulkanischen Azoren. 69 Arten amerikanischer Vögel hat man in England gelegentlich beobachtet. Wasservögel transportieren in ihren Eingeweiden die Eier kleinerer Wassertiere oder an ihren Füssen die Samen von Pflanzen.

Auch Insekten werden infolge ihres Flugvermögens auf ferne Inseln getragen; dann tritt aber die bemerkenswerte Thatsache zu Tage, dass man auf ozeanischen Inseln sehr viel flügellose Insekten findet. Die Annahme, dass diese Formen ursprünglich auf den Inseln flügellos entstanden seien, wird dadurch widerlegt, dass allein auf Madeira 22 flügellose Insektengattungen gefunden werden, welche in Europa in geflügelten Arten weit verbreitet sind. Solches beweist, dass die flügellosen Inselbewohner aus geflügelten Einwanderern durch Verlust ihrer Flügel entstanden sind, und wenn wir bedenken, dass auf einer einsamen Insel gutfliegende Insekten leicht von Stürmen ergriffen und in die See hinausgetrieben werden, so können wir verstehen, dass im Laufe der Zeiten nur diejenigen Insekten auf der Insel übrig blieben, welche schlecht flogen und sich allmählich das Fliegen ganz abgewöhnten, das ihnen nur den Untergang bringen musste. Auch auf den Kerguelen-Inseln fand man nur flügellose oder nicht fliegende Insekten.

Überaus merkwürdig sind die Folgen, welche die Einwanderung einzelner Tiere und Pflanzen auf einsamen Inseln für die dort schon angesiedelte Fauna und Flora haben. Als man auf St. Helena Ziegen einführte, zerstörten dieselben in kurzer Zeit alle Wälder der Insel und mit diesen alle Insekten, Mollusken und Vögel, welche in diesen Wäldern lebten. Als auf Mauritius Schweine verwilderten, verschwand der merkwürdige Vogel Dodo vollkommen und ist seitdem vollständig ausgestorben.

Der Papagei *Nestor mirabilis*, welcher sich früher auf Neu-Seeland vom Safte der Blumen ernährte, hat sich, seitdem man dort Schafherden einführte, angewöhnt, das Blut frisch geschlachteter Schafe aufzulecken, und man erzählt, dass der früher völlig harmlose Vogel jetzt geradezu ein Feind der Schafzucht geworden ist, indem er selbst an lebenden Tieren jede kleine Wunde ableckt und dadurch eine oft tödliche Entzündung hervorruft.

Alfred Wallace hat die Fauna und Flora der Inseln zum Gegenstand eines grösseren Werkes gemacht und darin die Besiedelungsgeschichte der wichtigsten Archipele besprochen. Sein Werk bietet eine Fülle der interessantesten Beispiele, wie mannigfach die Wege sind, auf denen Inseln bevölkert wurden.

Die Azoren haben überaus enge Beziehungen zu Westeuropa in ihrer Tier- und Pflanzenwelt. Von den 40 einheimischen Pflanzenarten sind 34 europäisch und nur 6 haben ihre nächsten Verwandten auf den Canarischen Inseln und Madeira. Nur die *Campanula Vidalii* darf als eine spezifisch azorische Pflanze betrachtet werden. Man kann daraus schliessen, dass jene Pflanzen dort erst in

der jüngsten Periode eingeführt worden sind und noch keine Zeit gehabt haben zu variieren und neue Arten zu bilden.

Während die Azoren etwa 1600 km von Portugal entfernt liegen, finden wir an dem Ostrande des Pazifik, nur 900 km von Amerika entfernt, die ebenfalls vulkanischen Galapagos. Die äusseren Umstände und die Lage beider Archipele haben überaus viel Gemeinsames, und doch stehen sie in einem seltsamen Gegensatz zu einander. Auf den Galapagos findet man 332 Pflanzenarten, von denen 174 nur auf diesen Inseln vorkommen, während 158 auf den benachbarten Festländern gefunden werden. Von diesen letzteren sind etwa 20 durch den Menschen eingeführt worden, die übrigen enthalten viele Arten, welche in ganz Amerika verbreitet gefunden werden. 42 Arten sind in Nord- und Südamerika heimisch, 21 sind südamerikanisch, 20 werden in Nordamerika, Westindien und Mexiko gefunden.

Die grössere Zahl von Pflanzenarten auf den Galapagos findet ihre Erklärung darin, dass diese Inseln in einem sehr stürmischen Gebiet liegen, so dass Samen und Sporen leicht von den benachbarten Küsten dorthin getrieben werden konnten. Die grosse Zahl von spezifischen Pflanzen aber deutet darauf hin, dass die Besiedelung dieses Archipels in viel früherer Zeit erfolgte als die der Azoren, so dass die Organismen Gelegenheit hatten, dort neue Arten zu bilden.

Es kommt hinzu, dass, wie wir im folgenden Abschnitt noch zu zeigen haben, Mittelamerika in früheren Zeiten nicht existierte, oder wenigstens von mehreren Meerengen

durchschnitten wurde, so dass bei veränderten Strömungen wesentlich günstigere Bedingungen für die Besiedelung der Galapagos existierten. Wenn wir erwägen, dass die neuesten Tiefseedredgungen zwischen Amerika und den Galapagos eine ungeheuere Verbreitung von halbverwesten Landpflanzenresten in allen Tiefseesedimenten ergeben haben, so erblicken wir in diesen, sogar dem Globigerinenschlick beigemischten Blättern, Zweigen und Samen die Reste der amerikanischen Pflanzen, welche auf dem Wege nach den ozeanischen Inseln des Pazifik zu Grunde gingen. Es sind Auswanderer, welche verunglückten, ehe sie das Land der Zukunft erreichten.

Die Galapagos sind ausserdem bemerkenswert wegen ihrer seltsamen Schildkrötenfauna. Weder Säugetiere noch Amphibien werden dort gefunden, dagegen werden auf den verschiedenen Vulkaninseln riesige Landschildkröten gefunden, welche so von einander verschieden sind, dass die dortigen Kolonisten im stande sind, beim Anblick einer solchen Schildkröte zu sagen, auf welcher Insel sie gefangen wurde. Ebenso findet man fast auf jeder Insel eine besondere Rasse der Eidechse *Tropidurus,* und eine besondere Spielart der Spottdrossel *Nesomimus.*

Alle diese Thatsachen drängen zu dem Schlusse, dass die Inseln schon lange von einander getrennt waren, so dass auf jeder einzelnen isolierte neue Rassen sich ausbilden konnten.

Nicht nur auf den Galapagos, sondern ebenso auf den Mascarenen werden Landschildkröten gefunden von so grossen Dimensionen, dass sie gar nicht der gegenwärtigen Fauna anzugehören scheinen, sondern wie die

Überbleibsel ausgestorbener Fabelwesen aussehen. In einem Palmengarten bei Colombo lebt eine Riesenschildkröte, welche um das Jahr 1790 von einem holländischen Gouverneur von Mauritius nach Ceylon gebracht worden ist und seit über 100 Jahren dort lebt und gedeiht. Wenn man sich auf das 1 m grosse Rückenschild setzt, so erhebt sich das unförmige Tier und wandert mühelos mit der Last weiter.

Australien, bekanntlich der inselartigste Kontinent, enthält eine Tierwelt von Beuteltieren, welche zwar früher auch in anderen Kontinenten lebte, jetzt aber fast überall radikal ausgestorben ist. Der flügellose Vogel Dodo, dessen Aussterben um 1630 geschichtlich nachgewiesen werden kann, lebte auf der Insel Mauritius. Eine verwandte, ebenfalls in historischer Zeit ausgestorbene Art lebte auf der Insel Bourbon.

Auf Neu-Seeland findet man eine Eidechse, *Hatteria,* welche einem sonst längst ausgestorbenen Geschlecht angehört, als letzten Überrest vergangener Zeiten; und das Borkentier *(Rhytina Stelleri),* ein gigantisches walrossartiges Geschöpf, welches Ende vorigen Jahrhunderts ausstarb, lebte auf den Inseln des Behringsmeeres.

Und so lernen wir die Inseln jetzt von einem neuen Gesichtspunkte aus betrachten. Wir sehen in der Tier- und Pflanzenwelt derselben nicht nur rätselhaft isolierte Kolonien, deren Einwanderung und Herkunft wir zu enthüllen suchen — nein sie sind uns auch ein natürliches Museum wunderbarer Art. Manche Tiere, deren Wohnsitz einst weite Strecken der Erdoberfläche umfasste, haben sich auf Inseln noch erhalten und hier ein schützendes

Asyl gefunden, und neben den Vorposten einer neuen Besiedelung sehen wir die altehrwürdigen Reste einer aussterbenden Organismenwelt. Zusammenhänge von Ländermassen, welche jetzt weit von einander getrennt sind, werden durch vereinzelte Inseln wiederhergestellt und das Leben auf der einsamen Insel knüpft sich mit hundert Fäden über den weiten Ozean an ferne Ländergebiete.

24. Landengen und Meerengen.

Isthmus von Sues. Fauna an seinen Küsten verschieden. Einbrüche des Roten Meeres und des Mittelmeeres. Wanderung der Tiere durch den Sueskanal. Landenge von Panama. Die Behringsbrücke.

In der Verteilung von Wasser und Land auf der Erdoberfläche ist keine Erscheinung für das Leben der Tiere und Pflanzen und für die Kulturarbeit der Menschen so bedeutungsvoll wie jene Stellen, an denen grosse Ländermassen durch schmale Brücken verbunden erscheinen, oder wo weite Meeresbecken von schmalen Wasserstrassen geeint werden. Wenn das Mittelmeer, statt durch die Strasse von Gibraltar mit dem Atlantik vereint zu sein, durch eine Strasse von Sues in den Indischen Ozean gemündet hätte, so würden wohl die Geschicke der Mittelmeerländer eine andere Richtung genommen haben, und wenn die flache mittelamerikanische Landbrücke nicht existierte, so wäre dem Welthandel ein recht verschiedenes Gepräge aufgedrückt worden. Aber unsere Aufgabe ist es nicht, Vermutungen darüber anzustellen, wie es anders hätte sein können, sondern an der Hand der Thatsachen wollen wir die Geschichte und biologische Bedeutung einzelner Landengen besprechen.

Durch die bekannten technischen Unternehmungen sind besonders zwei Landengen in aller Mund gekommen, die von Sues und von Panama. Beide verbinden ungeheure Landkomplexe und trennen grosse Ozeane von einander, beide sind von geringer topographischer Höhe. Die grösste Erhebung des Isthmus von Sues bei el Gisr beträgt 16 m, die Bahn von Colon nach Panama übersteigt einen Bergrücken von 102 m Höhe. Da ausserdem beide Landengen aus jungen marinen oder vulkanischen Gesteinen bestehen, so liegt die Vermutung nahe, dass beide eine ähnliche Entstehung und verwandte Geschichte haben.

Wir sind in Port Said am Nordende des Sueskanals gelandet, und während unser Schiff Kohlen einnimmt und sich für die Fahrt durch den 160 km langen Kanal vorbereitet, haben wir Musse, uns die rasch emporgewachsene Stadt anzusehen und am Meere schlendernd nach Muscheln und Schneckenschalen zu suchen. Die Fauna des nördlichen Mittelmeerufers ist uns wohlbekannt, und hier an seinem südlichen Gestade treten uns fast lauter alte Bekannte entgegen. Wir erkennen leicht, dass die geographische Breite für die Verteilung der Meeresgeschöpfe von geringer Bedeutung ist, dass ein einheitliches Meeresbecken auch eine einheitliche Fauna und Flora besitzt. Die Krebse und Fische sind dieselben, welche wir bei Genua oder Palermo gesehen haben, die Medusen und Würmer sind in altbekannten Arten vertreten, und neben dem *Murex brandaris* (s. Fig. 69*a* S. 268) begegnet uns die essbare Auster, und andere wohlbekannte Muscheln, die wir bei Neapel oft gefangen haben.

Die Zeit des Wartens ist vorüber, unser Dampfer setzt sich in Bewegung und durchfährt in langsamem Tempo den schmalen Kanal (s. Fig. 70). Anfangs sehen wir rechts die weiten sumpfigen Wasserflächen des Menzalehsees, in dem, hellroten Wolken gleich, Schwärme von unzähligen Flamingos uns interessieren. Bei el Kantara wird der Blick durch sandige Erdwälle beschränkt, welche beiderseits des Kanals dahinziehen, wir kommen durch den Timsahsee und die grossen Bitterseen, um endlich nach achtzehnstündiger Fahrt auf der Reede von Sues zu landen.

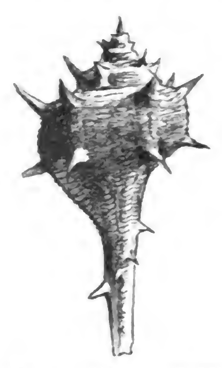


Fig. 69 *a*. *Murex brandaris* (Stachelschnecke) aus dem Mittelmeer.

Vor uns liegt der dunkelblaue Spiegel des Roten Meeres, zu unserer Linken eine gelbe Wüstenebene, von den zackigen Gebirgen der Sinaihalbinsel nach Osten begrenzt, rechts der 1600 m hohe Atakah mit seinen unersteiglichen Steilwänden. Ein Lichtmeer ist über die Landschaft ausgegossen, und bis zum fernsten Horizont können wir jeden Bergzacken, jede Felswand klar erkennen und bewundern.

Eine kleine Dampfschaluppe bringt uns an das Ufer, wir besteigen einen munteren Esel und galoppieren nach dem flachen Meeresgestade vor den armseligen Häusern von Sues. Es ist Ebbe, und weit hinaus in das Gebiet des Meeres können wir trockenen Fusses wandern.

Niedrige Wälle gebleichter Muschelschalen ziehen bald unsere Aufmerksamkeit auf sich, und voll Eifer vertiefen



Fig. 70. Der Sueskanal.

wir uns in das zoologische Museum, das wir zu unseren Füssen aufgehäuft sehen. Von Triest bis Port Said, von Gibraltar bis nach Beirut konnten wir reisen, ohne eine nennenswerte Veränderung der Tierwelt zu finden. Und jetzt, nachdem wir nur 160 km zurückgelegt haben, sind wir in einer neuen Welt, und nicht eine einzige Art erinnert uns an die Fauna des Mittelmeeres. Staunend durchwühlen wir den Muschelhaufen, den die Welle zu unseren Füssen aufwarf, aber je länger wir die Tierreste betrachten, je mannigfaltigere Arten wir herauslesen, desto greller kommt uns der Gegensatz zu der mediterranen Fauna zum Bewusstsein. Zuerst fällt uns der viel grössere Tierreichtum auf, der uns hier am Roten Meere entgegentritt, aber nächst der Individuenzahl ist es der Formenreichtum, der uns staunen lässt. Statt des wenig bestachelten dicken *Murex brandaris* (s. Fig. 69 *a*) finden wir eine Menge von dem vielstacheligen zierlichen *Murex spinosus* (s. Fig. 69 *b*). Jede Muschel, jeder Krebs, jeder Seeigel, den wir aufnehmen, bringt uns neue überraschende Formen.

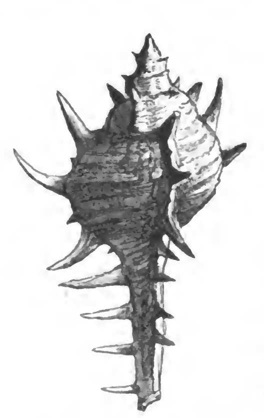


Fig. 69 *b*. *Murex spinosus* (Stachelschnecke) aus dem Roten Meere.

Und fahren wir hinüber nach dem Fusse des Atakah, um jene nördlichen kleinen Korallenriffe zu besuchen, so tritt uns ein Tierstamm in wunderbarster Formenfülle entgegen, den wir im Mittelmeer nur in wenigen armseligen Vertretern

kennen gelernt hatten. Kurzum wir befinden uns, trotz der geringen topographischen Entfernung zwischen Port Said und Sues, in einem tiergeographisch vollkommen neuen Gebiet. Und wenn wir dann an der Sinaihalbinsel entlang fahren und überall dieselbe Fauna wiedertreffen, wenn wir an den fernen Küsten Ostindiens, an den Sundainseln und bei Sansibar dieselben Korallen, dieselben Riffbewohner wiederfinden, da wird uns der Gegensatz der Fauna am nördlichen und am südlichen Gestade des Isthmus von Sues nur immer deutlicher und wir erkennen, dass an jener schmalen Landenge die ferne Fauna des Indischen Ozeans mit der atlantischen Fauna des Mittelmeeres Wand an Wand gerückt ist.

Wie ein Rätsel erscheint es uns jetzt, dass der Isthmus nur 16 m über dem Meere liegt, und wunderbar will es uns bedünken, dass eine so geringe Bodenerhebung im stande war, zwei so verschiedene Faunen so lange und so gründlich aus einander zu halten. Noch rätselhafter aber wird das Problem, wenn wir versteinerte Korallenriffe 10 m (s. Fig. 5), ja sogar 120 m hoch an den Küstengebirgen des Roten Meeres finden, wenn wir daraus den sicheren Schluss ziehen können, dass in der Vorzeit das Rote Meer 120 m höher stand. Wie ist solches denkbar, ohne dass das Rote Meer den Isthmus überflutet und seine Wasser und seine Tierwelt mit der des Mittelmeeres gemischt hätte?

Untersuchen wir die Geschichte des Roten Meeres, so erkennen wir leicht, dass jener lange schmale Graben von Bal el mandeb bis nach Sues eine sehr junge Bildung ist. Erst in der späteren Tertiärzeit bildeten sich jene

Sprünge, sank ein schmales Stück der Erdrinde in die Tiefe und erlaubte den Wogen des Indischen Ozeans hineinzudringen in den wüsten Kontinent, den damals Afrika und Arabien ununterbrochen bildeten. Langsam sank die Scholle, welche jetzt den Boden des Roten Meeres bildet, in die Tiefe, heftige Vulkanergüsse erfolgten längs der hierbei entstehenden Spalten, dann drang das Meer herein und eroberte mit seiner Tierwelt ein Gebiet, das vorher dem Festland angehörte.

Aber eine ganz ähnliche Geschichte besitzt der östliche Teil des Mittelmeeres zwischen Kleinasien und Ägypten. Auch dieses Meeresbecken ist sehr jung, auch hier sind in den letzten Perioden der Erdgeschichte Rindenschollen in die Tiefe gesunken und haben die Ostküste des Mittelmeeres von den Ionischen Inseln nach Syrien verlegt. In Verbindung mit dieser östlichen Verlegung des Strandes rückte auch die ganze Fauna des Mittelmeeres nach Osten vorwärts und kam auf diese Weise, wenn nicht zur Vermischung, so doch zu einer grossen Annäherung mit der Fauna des Indischen Ozeans.

So erblicken wir in der flachen Landenge von Sues nicht den Beginn einer Verlandung, sondern die letzte trennende Wand zwischen zwei sich verbreiternden Meeren. Das Mittelmeer drang nach Osten und Süden, das Rote Meer nach Norden vorwärts, beide brachten ihre Tierwelt mit sich und durch Menschenhand ist jetzt auch die letzte Schranke gefallen, welche eine Vermischung der beiden so verschiedenen Faunen früher verhinderte.

Keller hat die Wanderung der erythräischen und der mediterranen Tierwelt durch den Sueskanal zum Gegenstand

sorgfältiger Untersuchungen gemacht. Da in der Mitte des Kanals die Verdunstung sehr gross ist, so strömen von Norden und von Süden stets neue Wasser in den Kanal hinein und begünstigen das Wandern der Tierwelt. Vier Mollusken des Mittelmeeres sind bis Sues vorgedrungen, dagegen sind fünfzehn Molluskenarten des Roten Meeres nach dem Mittelmeer gelangt, und wahrscheinlich wird die Vermischung der beiderseitigen Faunen im Laufe der Jahre immer weiter gehen.

Ein wesentlich verschiedenes Bild bietet die Verbreitung der Tiere an den beiden Ufern von Mittelamerika. Hatten wir vorher auf den schroffen, unvermittelten Gegensatz aufmerksam zu machen, der zwischen der mediterranen Fauna von Port Said und der indischen Fauna von Sues besteht, so finden wir im Caraibischen Meere und im Golf von Panama bei vielen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Fauna doch merkwürdige Übereinstimmung. Die Korallen des Caraibischen Meeres sind nahe verwandt mit denen der Pazifischen Küste, identische Fischarten leben in den beiden Meeren, welche die Küsten des Isthmus von Panama bespülen, und sind ein Beweis dafür, dass beide Meere in jüngster geologischer Zeit noch zusammengehangen haben.

Vergleichen wir damit die Verschiedenartigkeit in der Landfauna von Nord- und Südamerika, so ergiebt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit die Annahme, dass die beiden amerikanischen Kontinente noch in der Tertiärzeit von einander getrennt waren, dass erst in der jüngsten Periode die Landenge von Mittelamerika aus den Fluten emporstieg und die Meere trennte, indem sie die Länder

vereinigte. Der Isthmus von Sues ist die letzte trennende Schranke zwischen zwei sich vergrössernden Ozeanen, die Landenge von Panama dagegen ist eine kürzlich entstandene Scheidewand, welche ein einheitliches Meer zerlegte und eine gemeinsame Fauna in zwei Teile trennte. Meerengen und Landengen sind Gegensätze, und alles, was bei einer Meerenge für die Tierwelt des Meeres vorteilhaft ist, das schadet den Bewohnern des Landes, und umgekehrt. So lange in Mittelamerika eine Meerenge vorhanden war, konnte die atlantische Fauna sich mit der pazifischen Tierwelt mischen, dagegen war es den Tieren Nordamerikas unmöglich, nach dem südamerikanischen Kontinent zu wandern und sich dort auszubreiten. Sobald aber die Landenge von Panama aus den Fluten des Meeres herausstieg, wurden die Meeresfaunen scharf getrennt und von einander geschieden, während die Tiere des Landes auf der neu erstandenen Brücke nach Norden und Süden wandern konnten.

Eine der merkwürdigsten und für die Verbreitung der Landtiere in der Alten und Neuen Welt wichtigsten Stellen der Erdoberfläche liegt im Gebiet der Behringsstrasse.

Wie ein Blick auf die beigeheftete Karte lehrt, ist der grösste Teil des Behringsmeeres 50—100 m tief. Jede geringfügige Strandverschiebung in der Umrandung des Pazifischen Beckens muss die Küste des Behringsmeeres wesentlich beeinflussen; und eine negative Strandverschiebung von nur — 50 m trennt sofort das Polarmeer von dem Pazifik und vereinigt zugleich die Länder der Alten und der Neuen Welt. Aber noch eine andere wichtige Folge muss eine solche Strandverschiebung haben:

Bekanntlich findet der Golfstrom sein Gegenbild in der warmen schnellen Meeresströmung, welche an den Küsten von Japan und Kamtschatka entlang nach Nordosten fliesst und durch die Behringsstrasse in das Polarmeer hineindringt. Zu gleicher Zeit fliesst eine kalte Unterströmung aus dem Polarmeer nach Süden und bespült mit ihrem kalten Wasser und ihren Eisbergen die Küsten von Aljaska. Sobald durch eine Strandverschiebung von — 50 m das Behringsmeer landfest geworden ist, kann das kalte Polarwasser nicht mehr nach Süden dringen und der Kuroschiostrom erwärmt die neuentstandene Landverbindung in bedeutsamer Weise. Sobald aber eine positive Strandverschiebung von + 50 m wieder eintritt, wird alles so, wie es heute ist.

Es ist nun eine auffallende Thatsache, dass man bei der Entdeckung von Nordamerika keine Pferde dort fand, und dass alle amerikanischen Pferde importiert sind, obwohl nirgends auf der Welt die versteinerten Urahnen des Pferdegeschlechts so wohl erhalten sind, wie gerade in den tertiären Schichten von Nordamerika. Wir können daraus mit Sicherheit schliessen, dass die Pferde sich in Amerika früher sehr wohl befunden und ausgebildet haben, dann aber nach der Alten Welt eingewandert sind, während sie in Amerika ausstarben.

Sehen wir uns um nach früheren Landverbindungen zwischen Amerika und Europa, so sind dieselben über den Atlantik höchst problematischer Natur; um so interessanter aber ist es, dass über den Nordrand des Pazifik hinweg eine Landbrücke leicht und oft sich bilden konnte, und dass wir daher vermuten können, dass viele wichtige

tiergeographische Wanderungen über die „Behringsbrücke“ erfolgt sind.

An solchen Beispielen lernen wir den hohen Wert ozeanographischer Studien für scheinbar weitabliegende Probleme erkennen und werden immer mehr in der Anschauung befestigt, dass nichts auf der Erde geschehen kann ohne unmittelbare und mittelbare wichtige Folgen für die Organismenwelt, die sie bewohnt. Und wenn wir weiter bedenken, dass die Ursachen einer Strandverschiebung in der Behringsstrasse vielleicht im Süden des Pazifik liegen können, so enthüllt sich unserm Blick ein wunderbarer Zusammenhang isolierter irdischer Erscheinungen mit grossen kosmischen Vorgängen.

---

25. Geschichte des Meeres.

Aufgabe der Geologie. Urmeer. Tiefe. Salzgehalt. Entstehung des Lebens. Die Kontinentalsockel. Zusammenbrechen der Erdrinde und Verschiebungen der Wasserhülle. Lingula. Verhältnisse des Cambrium. Carbonische und cenomane Transgression. Eiszeit. Besiedelung der Ostsee. Becken des Pazifik. Einbrüche des Atlantik. Gondwánaland. Rückblick.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten die verschiedenen Eigenschaften und Erscheinungen des Meeres besprochen haben, ist es jetzt, zum Schluss, unsere Aufgabe, einen Rückblick zu werfen und der Vorgänge zu gedenken, welche das Meer zu dem gemacht haben, was es heute ist. Wie jede andere Naturerscheinung können wir auch den Ozean nur dann wahrhaft erkennen, wenn wir seine Eigenschaften als das Endprodukt geschichtlicher Vorgänge auffassen.

Es giebt eine Wissenschaft, deren eigentliches Endziel es ist, die Geschichte des Meeres zu ergründen, das ist die Geologie. Die Mehrzahl der Gesteine und der Versteinerungen sind Reste versteinerter Meere. Wenn man die grosse Fülle geologischer Lehrbücher, Abhandlungen und Zeitschriften von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, dann wird es begreiflich erscheinen, dass eine nur einiger-

massen vollständige Geschichte des Meeres weit über den Rahmen dieses Abschnittes, dieses Buches hinausragen würde. Es kann daher hier nicht unsere Aufgabe sein, eine wirkliche Geschichte des Meeres von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart zu geben, sondern wir können nur die allgemeinen Prinzipien einer solchen auseinandersetzen und die Hauptphasen derselben hervorheben.

Das Weltmeer besteht aus einer Anzahl tiefer Becken, welche mit Wasser erfüllt sind. Die Becken sind isoliert; das Wasser ist in seinen wesentlichen Eigenschaften überall dasselbe; und so gliedert sich eine allgemeine Geschichte des Meeres naturgemäss in zwei Abschnitte. Zuerst haben wir die Bildung und Urgeschichte des Meeres, als eines flüssigen, bewegten und belebten Mediums, zu betrachten, dann haben wir zu verfolgen, wie sich die Verhältnisse von Kontinent und Ozean umgestalteten und wie sich die Umrisse der jetzigen verschiedenen Meere herausbildeten.

Wenn wir uns zurückversetzen in eine längstvergangene Vorzeit, dahin kein wissenschaftlich gangbarer Weg leitet, in das Dunkel der Vergangenheit, in welches uns nur das matte Licht der Hypothese einen flüchtigen Blick zu thun gestattet, da finden wir einen Erdball, umgeben von einem uferlosen Meer, bedeckt von einer gleichmässigen Wasserhülle, aus der von Zeit zu Zeit brodelnde Vulkane hervorbrechen, um nach kurzer Thätigkeit wieder zu verschwinden. Damals gab es noch keine Kontinente, keine unterscheidbaren Ozeane; das Antlitz der Erde bot noch nicht jene Runzeln und Falten, welche es jetzt bedecken.

Wenn heute die gesamte Wassermasse des Meeres gleichmässig über die Erdoberfläche ausgebreitet würde,

so betrüge die Tiefe dieses Weltozeans etwa 2000 m, und es ist nicht wahrscheinlich, dass die Tiefe des Urmeeres diese Zahl beträchtlich überschritten habe. Denn nach dem Weltenraum giebt die Erde kein Wasser ab, und der Verlust der Erdoberfläche an flüssigem Wasser durch Bildung wasserhaltiger Mineralien ist nicht allzu bedeutend. Die Umgrenzung der ältesten geologisch erkennbaren Meere verlangt wenigstens keine Wassermenge, welche erheblich grösser wäre als diejenige unserer gegenwärtigen Ozeane.

Von den Eigenschaften dieses Urmeeres können wir uns auch nur vermutungsweise Rechenschaft geben. Zwar hat man mit scharfsinnigen Argumenten die Existenz eines salzfreien Urmeeres zu beweisen gesucht, allein wenn wir bedenken, dass damals eine dünnere Erdkruste jedem vulkanischen Ausbruch leicht das Empordringen gestattete, wodurch grosse Mengen von Asche und salzhaltigen Dämpfen in das Meer gelangten, so scheint uns ein grösserer Salzreichtum des Urmeeres wahrscheinlicher.

Die Gezeiten verliefen mit grosser Regelmässigkeit und die Flutwelle wanderte ungehindert über die ganze Erdoberfläche hinweg. Auch die Meeresströmungen mussten einen überaus regelmässigen Verlauf haben.

Die Frage, wann? und wo? das erste organische Leben in diesem Urmeere auftrat, ist eben so schwer zu beantworten wie die nach der Form, in der zum ersten Male organisches Protoplasma auf der Erde sich regte. Wir können wohl vermuten, dass das Leben im Ozean entstand, es liegt sogar nahe, anzunehmen, dass pflanzliche Organismen den Anfang machten, und aus ihnen erst die

Tiere entstanden, allein wir haben keinen festen Boden unter den Füssen, indem wir diese Probleme betrachten.

Nicht minder hypothetisch sind alle Ansichten, welche man über die Zeit äussern kann, als zuerst der Schrumpfungsprozess des sich abkühlenden Erdinnern grössere Einbrüche zur Folge hatte.

Wenn wir uns jenes Globus von Manneshöhe erinnern, so bedurfte es auf ihm eines Einsinkens einzelner Rindenstücke um $1/2$ mm, um sofort Kontinente und Ozeane von einander zu sondern. Auf diese Zeit lässt sich das Bibelwort vom dritten Schöpfungstage anwenden: „Es sammele sich das Wasser unter dem Himmel an besondere Örter, dass man das Trockene sehe“.

Nach Jahrtausenden lässt es sich nicht berechnen, wann solches geschah, und wie lange es währte, aber die Bildung der Kontinentalsockel auf der einen Seite, der Ozeanbecken anderseits ist eine der wichtigsten Epochen in der Geschichte nicht nur der Erde, sondern auch des Meeres. Sobald einmal der Gegensatz zwischen Festland und Meer gegeben war, musste die ganze weitere Erdgeschichte in einem beständigen Ringen zwischen Wasser und Land bestehen. Seit jener Zeit besteht das Wesen der geologischen Veränderungen der Erdoberfläche in zwei Vorgängen, deren einer die Wasserhülle, deren anderer die Erdrinde zu seinem Schauplatz hat, welche aber sich in der mannigfaltigsten Weise gegenseitig beeinflussen. Die Erdrinde bricht in Schollen in die Tiefe, oder runzelt sich zu Faltengebirgen empor — unabhängig davon verschiebt sich das die Erdkugel umspannende Wasserhäutchen in der Weise, dass Regionen, die vorher flacher Meeresboden

waren, landfest werden, während umgekehrt Landstrecken vom Ozean überflutet werden. Es ist ein Wandern einer nahezu konstanten Wassermasse von einem Ort der Erdoberfläche zum andern, nicht eine Verminderung, ein Eintrocknen der Wassermenge. Hierbei können ganze Kontinente vom Meere verschlungen und überflutet werden, aber keine hebende Kraft bringt den Boden der Tiefsee wieder empor zum Tageslicht. Die Erdschollen, welche hinabgesunken sind, bleiben auch fernerhin in der Tiefe.

Die Entstehung der Kontinente und der Ozeanbecken musste eine ganze Anzahl wichtiger Veränderungen im Gefolge haben.

Die Wanderung der Gezeiten wurde nicht mehr allein von der Bahn der Gestirne bestimmt, sondern auch durch die Umrisse der Meeresbecken verändert. Meeresströmungen passten sich dem Küstenverlauf an, und wurden vielfach durch vorspringende Halbinseln abgelenkt.

Das aus dem Meere verdunstende Wasser fiel auf dem Festlande nieder, sammelte sich zu Süsswasserströmen und -Seen, und immer mannigfaltiger wurden die Bedingungen des Lebens auf der Erde.

Doch verlassen wir das trügerische Gebiet hypothetischer Betrachtungen und wenden wir uns den geologisch nachweisbaren Veränderungen der Meere zu, so können wir uns schon aus den Überresten der ältesten versteinerungsführenden Schichten, des Cambriums, ein sehr abwechslungsreiches Bild geologischer Zustände entwerfen.

Es mag wohl vermessen erscheinen, die Zustände der Erdoberfläche aus einer Zeit zu schildern, welche viele

Millionen Jahre vor unserer Gegenwart zurückliegt; und in Anbetracht so lange verflossener Zeiträume möchte man annehmen, dass die Cambrische Periode mit der Gegenwart qualitativ gar nicht verglichen werden darf, dass die damals herrschenden Bedingungen des Erdenlebens grundsätzlich verschieden waren von denen, welche wir heute beobachten.

Allein es ist eine bemerkenswerte Thatsache, dass, während tausende von Tierarten, hunderte von Gattungen im Laufe der Erdgeschichte ausgestorben sind, zwei kleine Weichtiere seit den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart gelebt haben, und sich in dem Bau ihrer Schale und in ihrer Lebensweise gar nicht veränderten.

Millionenweise liegen die hornigen Schalen der *Lingula* (eines Brachiopoden) und der verwandten *Discina* in den sandigen Schichten der ältesten versteinerungsführenden Periode. Die Struktur dieser Sandsteine spricht für eine Ablagerung in geringer Wassertiefe, nahe einer Küste. Und zu Millionen lebt *Lingula* heute an den Küsten tropischer Meere so nahe dem Strande, dass die japanischen Fischer mit Rechen die Tiere aus dem Sande herauskratzen, um sie als Düngemittel zu verkaufen. Und eben so zahlreich finden wir in geringen Tiefen unserer Meere *Discina* auf steinigem Meeresgrunde angeheftet. Wenn im Cambrium die Lebensbedingungen derartige waren, dass diese beiden Schaltiere in derselben Weise wie heute leben und gedeihen konnten, so haben wir keinen Grund daran zu zweifeln, dass eine wesentliche Umgestaltung aller Lebensbedingungen auf der Erde seit jener Zeit nicht erfolgt sei, so nehmen wir das Recht in Anspruch, die

Reste jener längst versteinerten Meere mit demselben Massstabe zu messen, nach denselben Prinzipien zu beurteilen, wie die Meere der Gegenwart. Die ganze Erdgeschichte seit dem Cambrium löst sich auf in eine stete Wandelung von Wasser und Land, von Berg und Ebene, eine Verschiebung der Klimazonen, eine Veränderung der Meeresumrisse, aber nirgends haben wir begründeten Anhalt dafür, dass eine einmalige universelle Umgestaltung, oder gar mehrere Erdrevolutionen die Bedingungen der gesamten Erdoberfläche gleichzeitig verändert hätten.

Je mehr der Geologe sich vertraut macht mit den Bedingungen der gegenwärtigen Meere, desto leichter fällt es ihm, die Phasen der Erdgeschichte zu enthüllen, überall sieht er bekannte Erscheinungen, immer wieder begegnen ihm verständliche Vorgänge.

Während im Norden von Schottland und im Norden Amerikas zur Zeit des Cambrium die kleine *Lingula* im seichten Wasser nahe der Küste im Sande vergraben lebte, war das nördliche England Schauplatz verheerender Vulkanausbrüche. Ein Archipel vulkanischer Inseln tauchte aus dem Meere heraus, und da man die vulkanischen Aschentuffe jener Zeit hauptsächlich im Osten der gleichalterigen Lavaströme findet, so liegt die Vermutung nahe, dass westliche Winde die emporgewirbelten Aschen weithin verschleppten.

In der Mitte von Böhmen war damals ein tieferes Meer und das zahlreiche Vorkommen blinder Krebse (Trilobiten) in den Schichten jener Zeit ist als ein Zeichen dafür gedeutet worden, dass dort die Bedingungen der Tiefsee herrschten. Dagegen finden wir schon im nahen

Thüringen cambrische Ablagerungen, in denen noch kein Tier gefunden worden ist, während die kleinen Büschel eines algenartigen Gebildes *(Phycodes)* in grosser Menge die seichten Gründe dieses Meeres bedeckt haben müssen.

Wie vielgestaltig ist das Bild, das uns die kritische Betrachtung eines so kleinen Gebietes darbietet, und wie verwandt unserer Gegenwart sind die biologischen Bedingungen der nahe bei einander liegenden Regionen!

Nach mehrfachem Vordringen und Zurückziehen des Meeres während der Silur- und Devonzeit finden wir in der oberen Hälfte der sogen. Carbonzeit das kontinentale Europa und England, und einen grossen Teil von Nordamerika als Festländer wieder. Ungeheure Wälder sonderbarer Gewächse, Lepidodendren, Sigillarien, Farnbäume bedecken das Land; und in sumpfigen Niederungen sammelt sich der Humus an, der als Steinkohle uns jetzt so wertvoll ist.

Und wieder tritt das Meer über Europa hinweg. Hohe Gebirge, welche von Irland durch Belgien zum Rhein, und von diesem durch den Harz und Thüringer Wald bis nach dem Westen Deutschlands reichten, wurden abradiert, Meeresgeschöpfe tummelten sich auf den eingeebneten Klippen ehemaliger Festländer. Im Gebiet der Alpen gediehen mächtige Koralleninseln; dann sehen wir wieder in Schwaben und Franken Korallenarchipele entstehen; aber grosse Flächen Europas waren periodisch oder dauernd landfest, bis in der oberen Kreide abermals das Meer transgredierend aus seinen Ufern trat und gewaltige Landflächen überflutete in der Transgression des Cenoman.

Seitdem oszillierte das Meer auf und ab, ohne dass so grosse Transgressionen wieder vorgekommen wären.

Dafür vollzog sich in der letzten, der Gegenwart vorausgehenden, Periode ein Ereignis, welches zwar nur einen kleinen Teil der nördlichen Halbkugel betraf, hier aber ziemlich tiefgreifende biologische Veränderungen zur Folge hatte.

Wir haben schon erwähnt, dass während der sogen. Eiszeit die Gletscher Skandinaviens bis nach Mitteldeutschland herab, das Binneneis in Nordamerika aber bis über Chicago und New York nach Süden reichte, denn so weit kann man die Moränenablagerungen und erratischen Blöcke verfolgen.

Hervorgehoben zu werden verdient, dass diese Vereisung keineswegs auch Sibirien betraf, sondern dass die Verbreitung des Binneneises während der Eiszeit so verteilt ist, als ob der Kältepol sich in der Mitte von Grönland befunden habe. Wenn wir annehmen dürfen, dass das Binneneis jener Zeit mit derselben Geschwindigkeit floss wie die heutigen Gletscher Grönlands, so bedurfte es 80 Jahre, bis das Binneneis von Christiania nach der Breite von Berlin gelangte.

Dieses nordische Inlandeis beeinflusste nicht nur die Verteilung der Landorganismen in Europa, sondern in hohem Masse auch die der marinen Tierwelt.

Die innere Ostsee war einst ein westlicher Arm des Eismeeres, der in direkter Verbindung mit dem Weissen Meere stand, und von diesem aus seine Tierwelt erhielt. Bei Stockholm und Upsala findet man jetzt noch die versteinerten Reste solcher Eismeermollusken. Dann wurde die Ostsee durch eine Landbrücke gegen das Eismeer abgesperrt, das Süsswasser, welches die Flüsse hineinführten,

nahm überhand und tötete die meisten polaren Tierformen, das Inlandeis schob sich über den Boden der Ostsee hinweg und verhinderte die Entwickelung von Organismen. Erst als die Eisdecke geschmolzen und die Schmelzwasser verlaufen waren, konnte die Ostsee wieder bevölkert werden und da sie vom Eismeer jetzt abgetrennt war, so wanderten von der Nordsee, mit der das Ostseebecken in Verbindung getreten war, neue Tierformen ein. Der geringe Salzgehalt gestattete nur wenigen Tieren hereinzudringen, und so sehen wir gegenwärtig in der Fauna der Ostsee einen verkümmerten Zweig der Nordseefauna.

Nachdem wir so in den flüchtigsten Umrissen einige der Hauptphasen der Bewegungen des flüssigen Elementes aufgezählt haben, erübrigt es zum Schlusse noch, der Geschicke der Ozeanbecken zu gedenken.

Wir sehen hierbei ab von den Abrasionserscheinungen und übergehen die Grenzverschiebungen der Ozeane, welche durch die Bildung der Kontinentalstufe bedingt waren, vielmehr wollen wir auch hier nur die allgemeinsten und grössten tektonischen Veränderungen kurz besprechen; und indem wir die Grenzverschiebungen der Kontinente betrachten, daraus die Erweiterungen der Ozeane erkennen.

Pazifik und Atlantik sind nicht nur in Form und Umriss, sondern auch in ihrer Geschichte von einander grundverschieden. Der Stille Ozean dürfte eines der ältesten Ozeanbecken der Erde sein, und wenn im Laufe der geologischen Perioden seine Wasser auch gelegentlich siegreich in die umrahmenden Festländer eindrangen, so war doch seit langem die Grenze solcher Oszillationen gering.

Dagegen ist der Atlantik ein jüngerer Einbruch, und die vielen Vulkane an seinem Ostufer sprechen dafür, dass hier Erdbewegungen noch bis in die letzte Zeit erfolgt sind. Auch die beiden atlantischen Mittelmeere sind relativ spät entstanden, und der östliche Teil des europäischen Mittelmeeres datiert aus den jüngsten Zeiten der Erdgeschichte.

Es ist eine seltsame Thatsache, dass der geologische Bau von Nordafrika, vom Atlas bis nach Tripolis, durchaus übereinstimmt mit dem geologischen Bau von Europa, während die afrikanische Wüste eine wesentlich andere Geschichte gehabt hat und ihrerseits wieder gar nicht verwandt ist mit Südafrika. Afrika erscheint zusammengeschweisst aus drei Teilen, einem nördlichen Randgebirge, welches ganz zu Eurasia gehört, einem südlichen Fragment, welches die merkwürdigste Übereinstimmung in seinem geologischen Bau mit Indien und Australien zeigt, und einem verbindenden Mittelstück. Ja die Vermutung, dass Südafrika, Madagaskar, Ostindien und Australien randliche Stücke eines versunkenen Gondwânalandes seien, wird durch viele geologische Gründe gestützt.

So sehen wir, dass auch der Indische Ozean manches Geheimnis in seinem Grunde verbirgt, und können ahnen, wie kompliziert die Geschicke der Ozeane gewesen sind.

Je mehr man die Geologie fremder Küstenländer studiert, desto interessanter werden die daraus gezogenen Folgerungen für die Urgeschichte der Meere, und wenn auch heute nur kleine Anfänge zu einer Geschichte der Meere gemacht sind, so zeigen doch diese überall die überraschendsten Resultate.

Und nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten mit naturwissenschaftlichem Blick die Erscheinungsformen des Meeres betrachtet haben, nachdem wir die verwickelten Zusammenhänge scheinbar einander fremder Phänomene kennen lernten und überall gesetzmässig wirkende Kräfte, seltsame Wirkungen einfacher Ursachen nachweisen konnten, treten wir wieder an das Meer.

Sonnenglanz ruht auf der glatten Fläche und Sonnenlicht lacht uns aus dem blauen Wasser entgegen. Langsam hebt sich die Dünungswelle empor, und erzählt uns von einem Sturme, der sie auf offenem Meere erzeugte, und dem sie enteilte nach dem fernen Strande. Zu unseren Füssen rollt die Welle ans Ufer, und schäumt an der felsigen Klippe empor. Dort trägt sie kleine Sandkörnchen auf das Land, die der Wind ergreift und zur hohen Düne aufbaut, hier nagt sie abradierend an den Felsen und erzeugt eine tiefeingeschnittene Strandlinie. Ein Stück Treibholz wird ans Ufer gespült und berichtet uns von dem konstanten Winde, welcher Meeresströmungen erzeugte, und von dem weiten Wege aus fernem Tropenland bis an die nordische Küste. Dort liegt eine Qualle und erinnert uns an die wunderbare Welt des Plankton, an die seltsamen Wanderungen, welche die pelagische Tierwelt Tag und Nacht vollführt; eine ausgeworfene Muschelschale ruft uns die Lebensbedingungen der litoralen Tierwelt ins Gedächtnis, und jedes Tangbüschel erzählt von den Nahrungsquellen des marinen Tierlebens.

Durch die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise verliert freilich manche Erscheinung den geheimnisvollen Reiz, der sie umgab, so lange sie uns ein unerklärtes

Wunder war; aber indem das Wunderbare des einzelnen Geschehens vor dem kritischen Blick ursächlicher Betrachtungsweise verschwindet, öffnet sich uns dafür eine neue Welt künstlerisch befriedigender Vorstellungen:

Wo wir vorher nur einzelne, isolierte Thatsachen sahen, enthüllt sich jetzt unserm geistigen Auge ein harmonisches Zusammenwirken der Naturkräfte; das Alltägliche ordnet sich unter höhere Gesichtspunkte, das Unbedeutende gewinnt geistigen Gehalt durch seine vielseitigen Zusammenhänge, das Grauenhafte wird verklärt, das Getrennte wird vereinigt, und jeder Blick auf das unendliche, vielgestaltige Meer erfüllt uns mit Staunen und Bewunderung über die ewige Ordnung der Naturgesetze.

Litteratur.

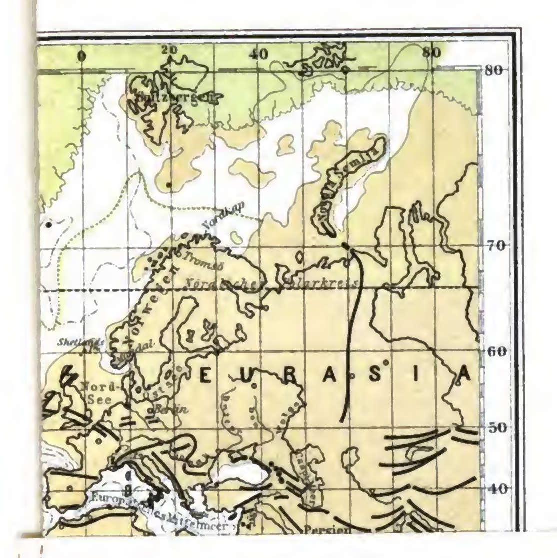
Folgende Bücher und Schriften wurden bei der Ausarbeitung zu Rate gezogen und mögen denjenigen Lesern empfohlen sein, welche sich über einzelne Abschnitte der Meereskunde näher zu unterrichten wünschen:

Die Insel Helgoland. Von C. W. M. Wiebel. Hamburg 1848.
Die echten Perlen. Von K. Möbius. Hamburg 1857.
Naturstudien am Seestrande. Von Lewes, übers. v. Frese. Berl. 1859.
Zur Physiographie des Meeres. Von Gareis u. Becker. Triest 1867.
Über Austern- und Miesmuschelzucht. Von K. Möbius. Berlin 1870.
Die geographische Verbreitung der Tiere. Von Wallace, übersetzt von Meyer. Dresden 1876.
The Atlantic. By Wyville Thomson. London 1877.
Die Deltas. Von R. Credner. Gotha 1878.
Bilder aus Oberägypten, der Wüste und dem Roten Meere. Von Klunzinger. Stuttgart 1878.
Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere. Von C. Semper. Leipzig 1880.
Island life. By Wallace. London 1880.
Zur Kenntnis der ehemaligen Strandlinien in anstehenden Gesteinen in Norwegen. Von R. Lehmann. Halle 1881.
Die Fauna im Sueskanal und die Diffusion der mediterranen und erythräischen Tierwelt. Von C. Keller. Zürich 1882.
Handbuch der Ozeanographie. Von v. Boguslawsky u. Krümmel. Stuttgart 1884. 1887.
Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfes von Neapel. Von J. Walther. Berlin 1885. Sep.
Collezioni per studi di science naturali. Da G. Chierchia. Roma 1885.
Führer für Forschungsreisende. Von v. Richthofen.
Das Pflanzenleben des Meeres. Von E. Voges. Leipzig 1886.

Über den Bau der Flexuren an den Grenzen der Continente. Von J. Walther. Jena 1886. Sep.
Über die Bestimmung des Plankton. Von Hensen. Kiel 1887.
On the Highth of the Land and the Depth of the Ocean. By Murray. Edinburgh 1887. Sep.
Die pelagische Tierwelt in grösseren Meerestiefen u. ihre Beziehungen zu der Oberflächenfauna. Von C. Chun. Leipzig 1888.
Die Tiefsee und ihr Leben. Von Marshall. Leipzig 1888.
Die theoretischen Ansichten über die Entstehung der Meeresströmungen. Von Pahde. Crefeld 1888. Progr.
Erdgeschichte. Von Neumayr. Leipzig 1888.
Das Antlitz der Erde. Von Suess. Wien 1888.
Die Korallenriffe der Sinaihalbinsel. Von J. Walther. Leipzig 1888.
On marine deposits in the Indian, Southern and Antarctic Ocean. By Murray. Edinburgh 1889. Sep.
Physikalischer Atlas von Berghaus. Gotha 1890.
Planktonstudien. Von E. Haeckel. Jena 1890.
Forschungsreise in das Europäische Eismeer. Von Kükenthal u. Walter. Bremen 1890.
Die Theorien über die Entstehung der Koralleninseln und Korallenriffe. Von Langenbeck. Leipzig 1890.
Océanographie (Statique). Par Thoulet. Paris 1890.
Über Schwankungen der Seen und Meere. Von E. Brückner. Berlin 1891. Sep.
Elemente der Geologie. Von H. Credner. Leipzig 1891.
Über die Farbe des Wassers. Von G. Hüfner. Leipzig 1891. Sep.
Zur Erforschung der Meere und ihrer Bewohner. Von Albert I. Fürst von Monaco, übersetzt von Marenzeller. Wien 1891.
Erdgeschichtliche Entwicklung der jetzigen Verbreitungsverhältnisse unserer Tierwelt. Von G. Pfeffer. Hamburg 1891.
Die Adamsbrücke und die Korallenriffe der Palkstrasse. Von J. Walther. Gotha 1891.
Report on Deep-Sea Deposits. By Murray and Renard. London 1891.
General Sketch of the Expedition of the Albatross from February to May 1891. By A. Agassiz. Cambridge 1892.
Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Von J. Walther. I. Theil: Bionomie des Meeres. Jena 1893.

Sachregister.

Druck von J. J. Weber in Leipzig.


0
20
40
80
80
70
60
50
40
Nordkap
Tromsö
Nördlicher Polarkreis
Shetlands
E U R A S I A
Nord-See
Berlin
Persien

Webers Illustrierte Katechismen.

Belehrungen aus dem Gebiete der Wissenschaften, Künste und Gewerbe etc.

Cotta, Professor Bernhard von, Beiträge zur Geschichte der Geologie. Erste Abteilung: Geologisches Repertorium. 9 Mark.

—— **Die Geologie der Gegenwart, dargestellt und beleuchtet.** Mit 8 Abbildungen und einer Tafel in Farbendruck. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Geheftet 8 Mark, gebunden 9 Mark.

—— **Geologische Bilder. Mit 228 Abbildungen. Sechste,** vermehrte und verbesserte Auflage. Geheftet 5 Mark, gebunden 6 Mark 50 Pf.

Drechsler, Dr. Adolph, Das Wetterglas. Vademecum der Witterungskunde. Mit 30 Abbildungen. 2 Mark.

—— **Illustrirtes Lexikon der Astronomie und der Chrono-**logie, nebst den astrognostischen und astrologischen Benennungen und den zugehörigen Bezeichnungen aus anderen Wissenszweigen. Mit 180 Figuren und Abbildungen. Gebunden 6 Mark.

Flammarion, Camille, Das bewohnte Welten-All. Astrono-mische und philosophische Betrachtungen. Deutsche, vom Verfasser autorisierte Ausgabe von Dr. A. Drechsler. Zweite Auflage. Mit 6 astronomischen Tafeln. Geheftet 4 Mark, gebunden 5 Mark.

Garten, Der Zoologische. Ein Großfolio-Heft mit 94 Ab-bildungen auf 56 Tafeln und 4 Seiten Text: Gesamtübersicht über das Tierreich. 2 Mark.

Klencke, Dr. H., Mikroskopische Bilder. Naturansichten aus dem kleinsten Raume. Ein Gemälde des Mikrokosmus in seinen Gestalten und Gesetzen. Mit 430 mikroskopischen Figuren. 7 Mark 50 Pf.

—— **Naturbilder aus dem Leben der Menschheit. In** Briefen an Alexander von Humboldt. 4 Mark 50 Pf.

Lecoq, Professor Henri, Das Leben der Blumen. Aus dem Französischen übertragen von Dr. Ernst Hallier. Autorisierte Ausgabe. 4 Mark 50 Pfg.

Quinet, Edgar, Die Schöpfung. Deutsche autorisierte Aus-gabe. Durchgesehen und eingeführt von Bernhard von Cotta. Mit dem Stahlstich-Porträt des Verfassers. Zwei Bände. Geheftet 9 Mark, gebunden 12 Mark.

Valentiner, Professor Dr. W., Astronomische Bilder. Mit 4 Tafeln und 125 Abbildungen. Gebunden 12 Mark.

5. —

23/5

